



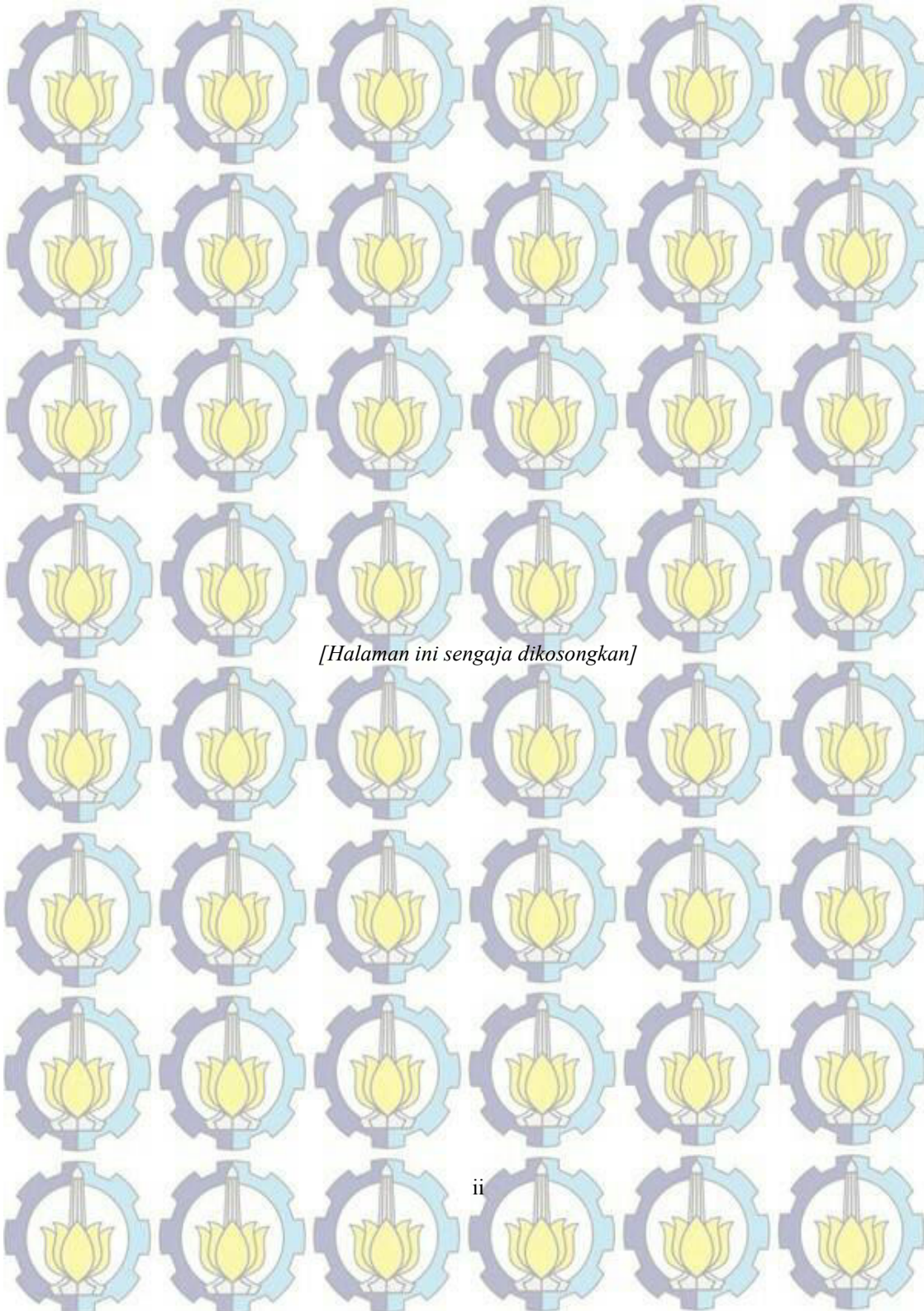
TUGAS AKHIR - TE 141599

**KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE
HUFFMAN UNTUK *FACTORY AUTOMATIC TRAINER***

Aji Prasetyo Witanto
NRP 0711164500080

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



[Halaman ini sengaja dikosongkan]



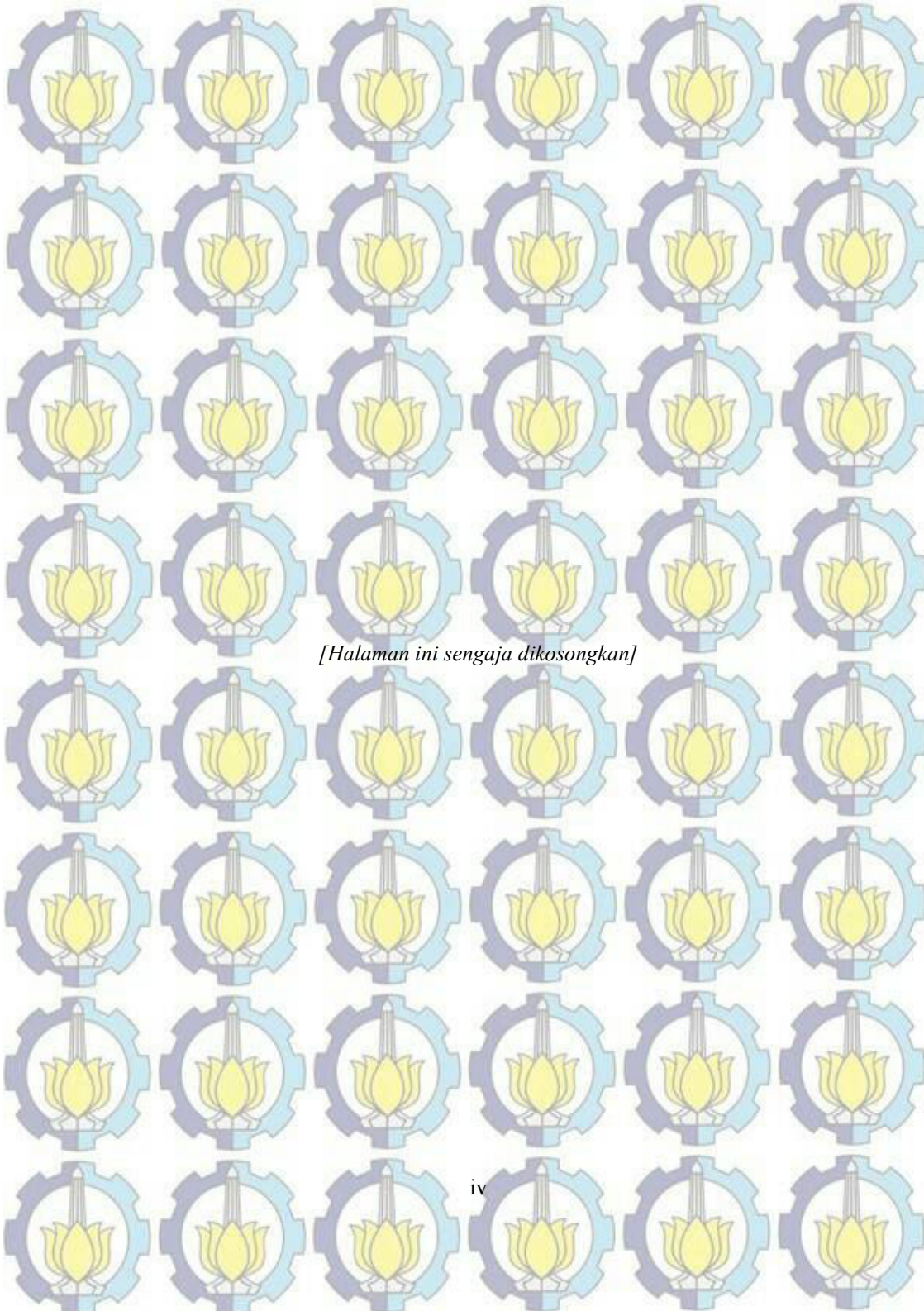
FINAL PROJECT - TE 141599

***LADDER DIAGRAM CONSRUCTION WITH HUFFMAN
METHOD FOR FACTORY AUTOMATIC TRAINER***

Aji Prasetyo Witanto
NRP 07111645000080

Supervisor
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, S.T., M.T.

***ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018***



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

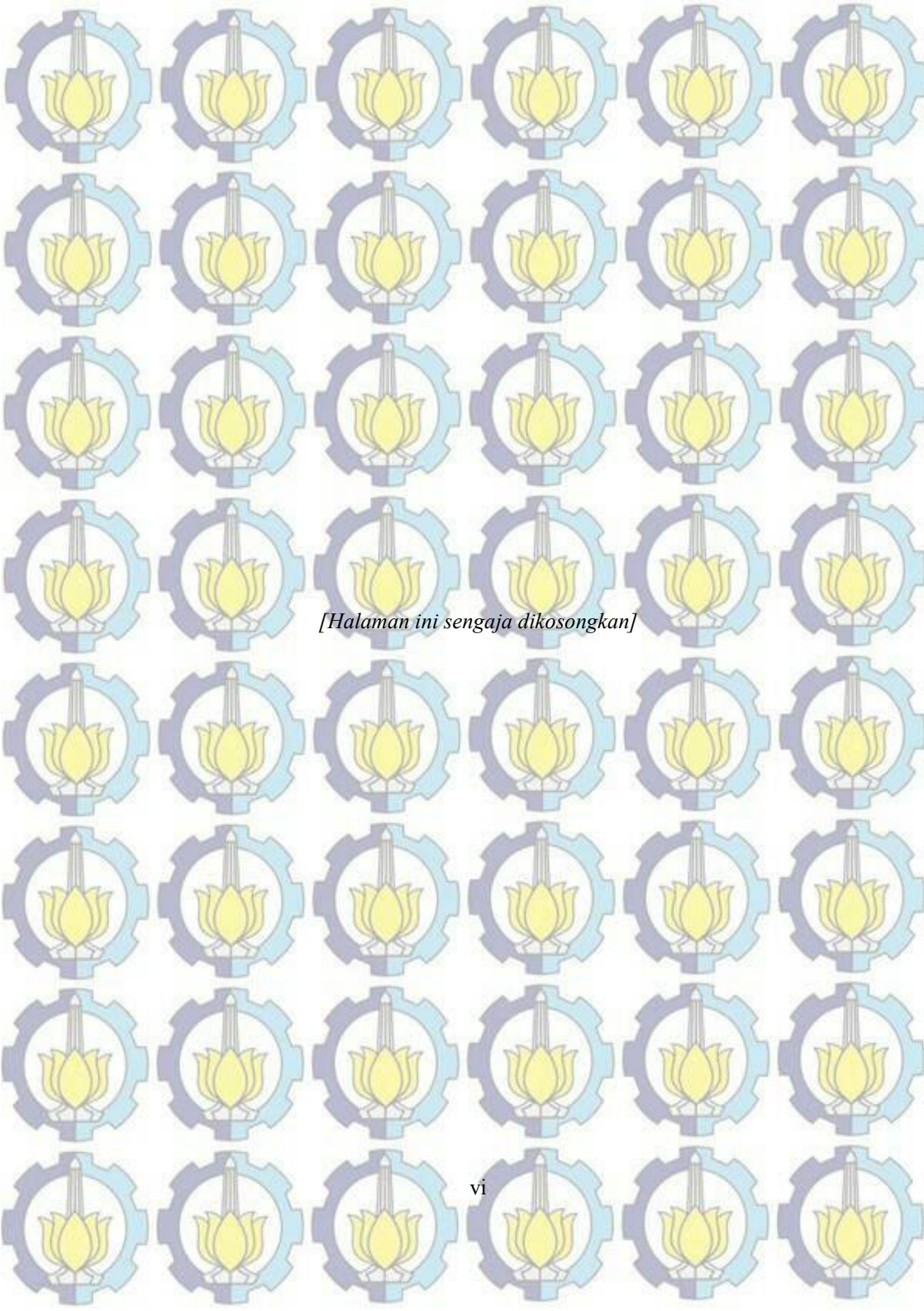
Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Konstruksi Diagram Ladder Dengan Metode Huffman untuk Factory Automatic Trainer**” adalah merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 05 Juli 2018



Aji Prasetyo Witanto
NRP 07111645000080



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**KONSTRUKSI DIAGRAM LADDER DENGAN METODE
HUFFMAN UNTUK FACTORY AUTOMATIC TRAINER**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

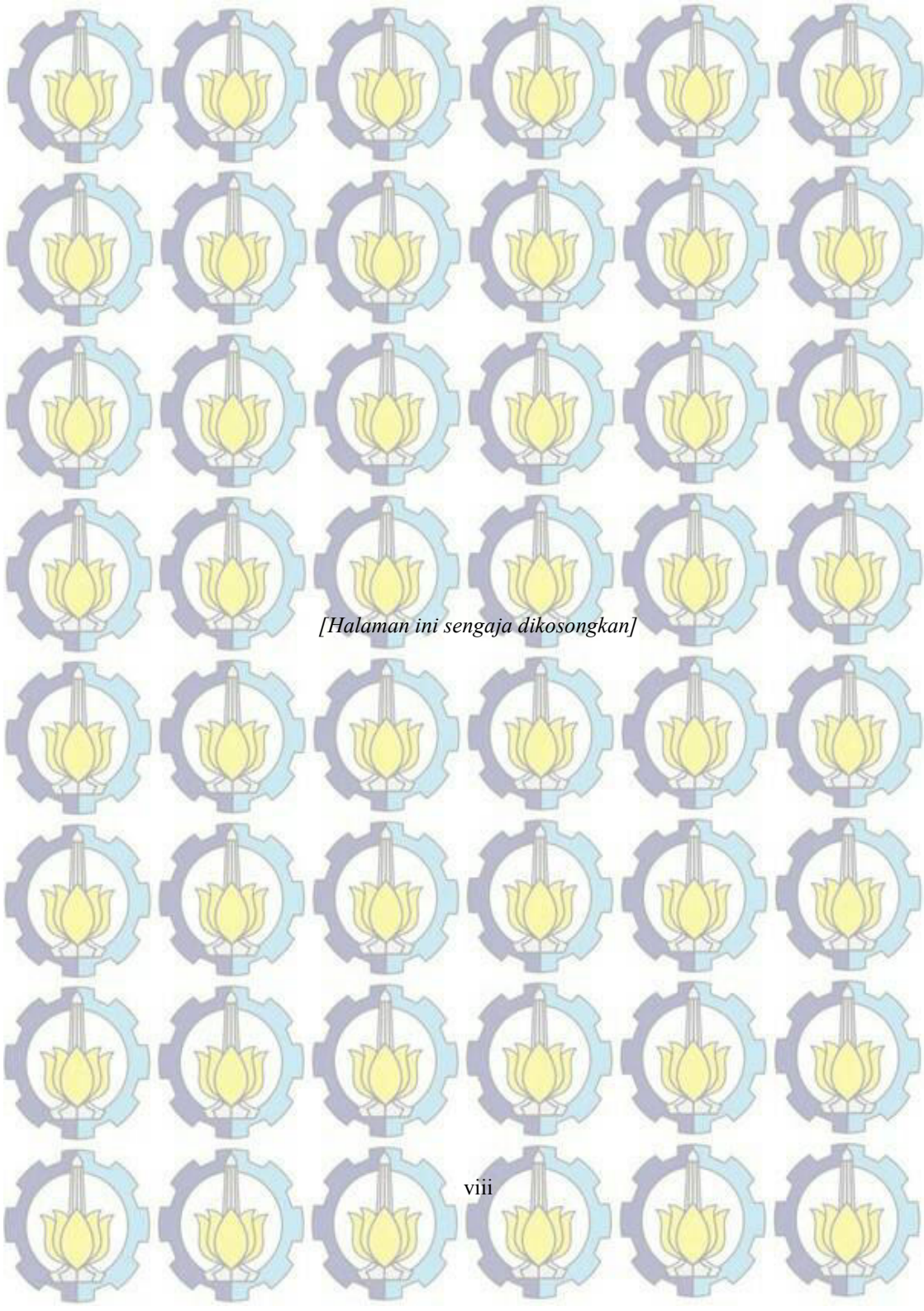
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Dr. Ir. Mochammad Rameli
NIP. 195412271981031002**

**Eka Iskandar, S.T., M.T.
NIP. 198005282008121001**





[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE *HUFFMAN* UNTUK *FACTORY AUTOMATIC TRAINER*

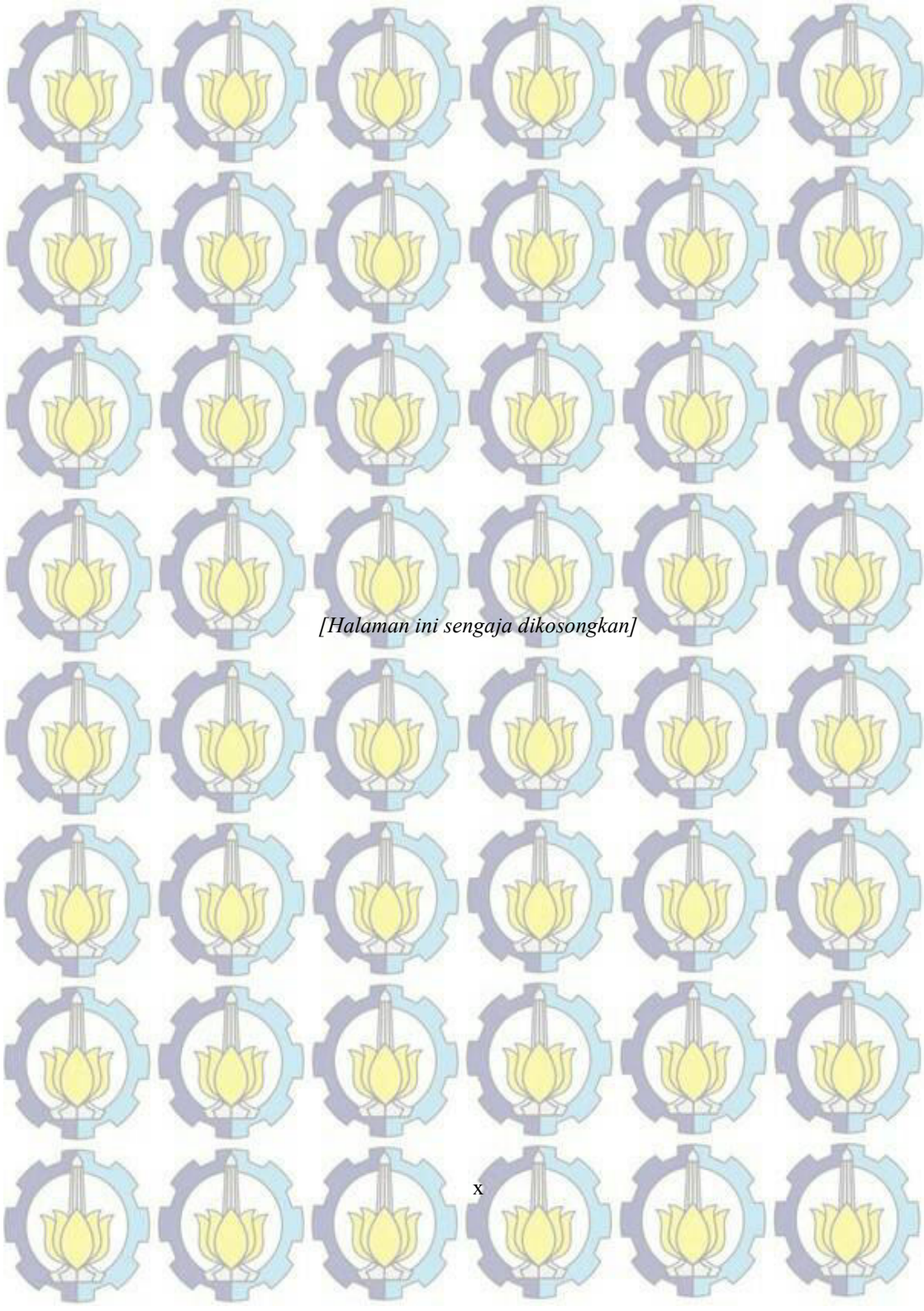
Nama : Aji Prasetyo Witanto
NRP : 07111645000080
Pembimbing 1 : Dr. Ir. Mochammad Rameli
NIP : 195412271981031002
Pembimbing 2 : Eka Iskandar, S.T., M.T.
NIP : 198005282008121001

ABSTRAK

Pada PLC terdapat beberapa jenis bahasa pemrograman, salah satunya yang sering digunakan adalah *Ladder Diagram* (LAD), yaitu bahasa pemrograman PLC yang dikembangkan dari kontak-kontak *relay* terstruktur dan menggambarkan aliran arus listrik. Terdapat berbagai jenis metode yang dapat digunakan untuk membuat diagram *ladder*, salah satunya adalah metode *Huffman*. Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah cara mengkonstruksi diagram *ladder* dengan menggunakan metode *Huffman* pada modul *factory automatic trainer*. Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah membangun sistem otomasi dalam bentuk *ladder diagram* dengan menggunakan metode *Huffman* untuk *factory automatic trainer*.

Dari pengujian sistem yang telah dilakukan, diperoleh waktu rata-rata untuk pemrosesan benda kerja yang dipilih yaitu 33,17 detik untuk benda hitam dan 31,79 detik untuk benda biru. Jumlah *relay* yang dihasilkan pada konstruksi diagram *ladder* dengan metode *Huffman* untuk *factory automatic trainer* sebanyak 40 *relay*. Jumlah *Input*, *Output*, dan *Timer* yang digunakan pada konstruksi diagram *ladder* dengan metode *Huffman* untuk *factory automatic trainer* masing-masing sebanyak 28 *Input*, 20 *Output*, dan 6 *Timer*. Data program *ladder* yang dihasilkan untuk keseluruhan sistem adalah sebesar 17,2 KB dan dengan jumlah *rung* sebanyak 74 *rung*.

Kata kunci: *Factory Automatic Trainer, Ladder Diagram, Metode Huffman, PLC*



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LADDER DIAGRAM CONSTRUCTION WITH HUFFMAN METHOD FOR FACTORY AUTOMATIC TRAINER

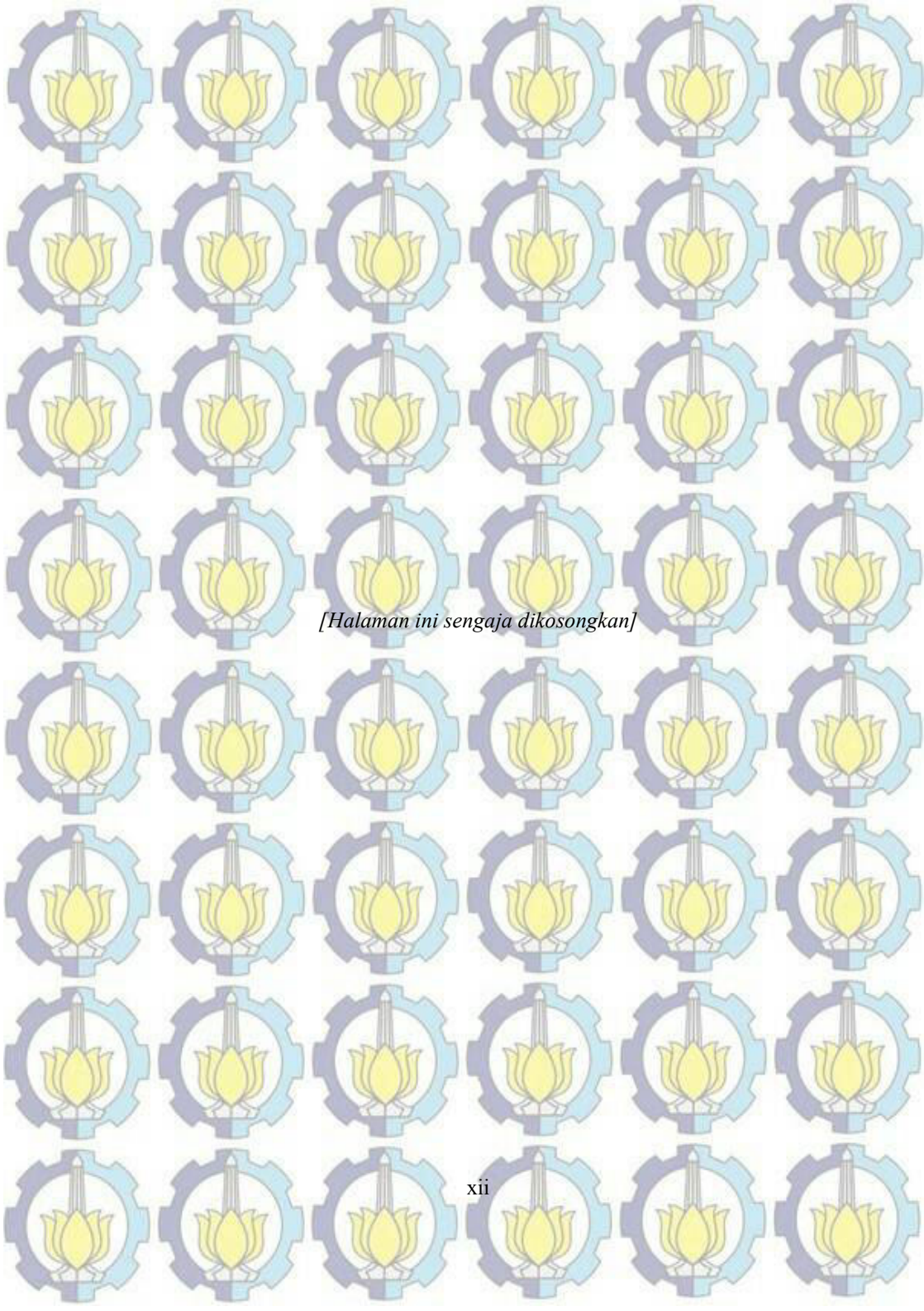
Name : Aji Prasetyo Witanto
Registration Number : 07111645000080
Supervisor 1 : Dr. Ir. Mochammad Rameli
ID : 195412271981031002
Supervisor 2 : Eka Iskandar, S.T., M.T.
ID : 198005282008121001

ABSTRACT

In PLC, there are several types of programming languages, one of which is often used is Ladder Diagram (LAD), the PLC programming language developed from structured relay contacts and describes the flow of electrical current. There are various types of methods that can be used to create ladder diagrams, one of which is the Huffman method. The problem that will be discussed in this final project is how to construct ladder diagram by using Huffman method in factory automatic trainer module. The purpose of this final task is to build automation system in the form of ladder diagram by using Huffman method for factory automatic trainer.

From the test system that has been done, obtained the average time for processing the selected work object that is 33.17 seconds for black objects and 31.79 seconds for blue objects. The number of relays generated in the construction of a ladder diagram using the Huffman method for the factory automatic trainer is 40 relays. The number of Input, Output, and Timer used in the construction of ladder diagrams using the Huffman method for factory automatic trainer are 28 Inputs, 20 Outputs and 6 Timers, respectively. The ladder program data generated for the whole system is 17.2 KB and with the number of rung as much as 74 rungs.

Keywords: *Factory Automatic Trainer, Huffman Method, Ladder Diagram, PLC*



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

“KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* DENGAN METODE *HUFFMAN* UNTUK *FACTORY AUTOMATIC TRAINER*”

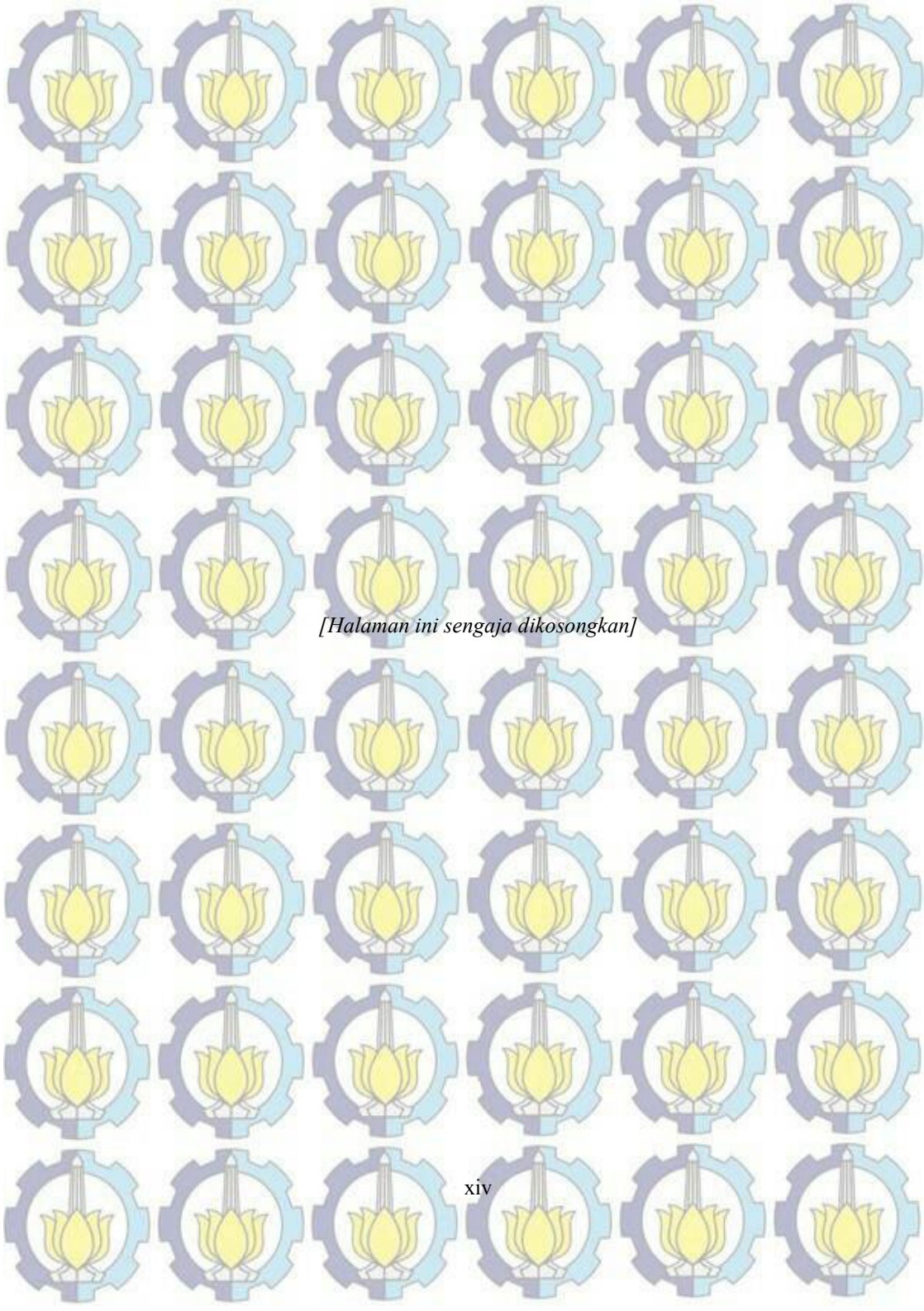
Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua atas limpahan doa, kasih sayang dan teladan hidup bagi penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Mochammad Rameli dan Bapak Eka Iskandar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing.
3. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Lintas Jalur angkatan 2016, terutama mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan.
4. Seluruh staf pengajar dan administrasi Departemen Teknik Elektro FTE-ITS.
5. Semua pihak yang telah banyak membantu untuk menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Harapan saya sebagai penulis, dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini maka dapat bermanfaat bagi penulis serta para pembaca. Sadar atas keterbatasan yang dimiliki oleh penulis karena hasil dari Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan, penulis telah berusaha semaksimal mungkin dan apabila terdapat kesalahan harap dimaafkan serta saran dan kritik yang membangun penulis harapkan demi terbentuknya penelitian selanjutnya yang lebih sempurna.

Surabaya, 05 Juli 2018

Aji Prasetyo Witanto
NRP 07111645000080



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Laporan	3
1.7 Relevansi	4
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 <i>Factory Automatic Trainer</i>	5
2.1.1 <i>Separation Module</i>	5
2.1.2 <i>Pick & Place Module</i>	6
2.1.3 <i>Stopper Module</i>	7
2.1.4 <i>Line Movement Module</i>	7
2.1.5 <i>Control Unit</i>	7
2.2 Komponen Penunjang	8
2.2.1 Sensor	9
2.2.2 Aktuator	13
2.2.3 Komponen Pendukung Lain	21
2.3 Metode <i>Huffman</i>	30
BAB III PERANCANGAN DIAGRAM LADDER	31
3.1 Perumusan <i>Input / Output</i>	31

3.2	Langkah Kerja Modul <i>Factory Automatic Trainer</i>	34
3.3	Perancangan Diagram <i>Ladder</i> dengan Metode <i>Huffman</i>	37
3.3.1	Perancangan Diagram <i>Ladder</i> pada <i>Separation Module</i>	37
3.3.2	Perancangan Diagram <i>Ladder</i> pada <i>Pick & Place Module</i>	49
3.3.3	Perancangan Diagram <i>Ladder</i> pada <i>Stopper Module</i>	62
3.3.4	Perancangan Diagram <i>Ladder</i> pada <i>Line Movement Module</i> (Bagian 1)	77
3.3.5	Perancangan Diagram <i>Ladder</i> pada <i>Line Movement Module</i> (Bagian 2)	89
BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISA		101
4.1	Implementasi	101
4.1.1	<i>Wiring</i> (Pengkabelan)	101
4.1.2	Konfigurasi Sistem	102
4.1.3	Pengalamatan <i>Input-Output</i>	103
4.2	Pengujian Sistem	104
4.3	Hasil Pengujian	109
BAB V PENUTUP		111
5.1	Kesimpulan	111
5.2	Saran	111
DAFTAR PUSTAKA		113
LAMPIRAN DIAGRAM <i>LADDER</i>		115
RIWAYAT HIDUP		129

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1 <i>Factory Automatic Trainer</i>	5
Gambar 2.2 <i>Separation Module</i>	6
Gambar 2.3 <i>Pick & Place Module</i>	6
Gambar 2.4 <i>Stopper Module</i>	7
Gambar 2.5 <i>Line Movement Module</i>	8
Gambar 2.6 Prinsip Kerja <i>Proximity Sensor</i>	10
Gambar 2.7 Prinsip Kerja <i>Capasitive Sensor</i>	11
Gambar 2.8 Prinsip Kerja <i>Photo Sensor</i>	12
Gambar 2.9 Prinsip Kerja <i>Fiber Optic Sensor</i>	13
Gambar 2.10 Konveyor.....	14
Gambar 2.11 <i>5/2 Way Solenoid Valve</i>	15
Gambar 2.12 Konstruksi Silinder Kerja Tunggal.....	17
Gambar 2.13 Konstruksi Silinder Kerja Ganda.....	17
Gambar 2.14 <i>Pneumatic Finger Grip</i>	18
Gambar 2.15 <i>Pneumatic Vacuum Pad</i>	19
Gambar 2.16 <i>Feeding Tube & Feeder System</i>	20
Gambar 2.17 <i>Sign Tower</i>	21
Gambar 2.18 Kompresor	22
Gambar 2.19 Blok Diagram Cara Kerja PLC.....	23
Gambar 2.20 PLC LG Glofa GM4.....	23
Gambar 2.21 CPU PLC LG Glofa GM4.....	24
Gambar 2.22 Modul <i>Input</i> PLC LG Glofa GM4.....	25
Gambar 2.23 Modul <i>Output</i> PLC LG Glofa GM4	26
Gambar 2.24 <i>Power Supply</i> PLC LG Glofa GM4.....	28
Gambar 2.25 Benda Kerja.....	29
Gambar 3.1 Prosedur Pengerjaan Metode <i>Huffman</i>	31
Gambar 3.2 <i>Sequence Chart</i> Bagian I.....	37
Gambar 3.3 <i>Sequence Chart</i> Bagian II.....	40
Gambar 3.4 <i>Sequence Chart</i> Bagian III	43
Gambar 3.5 <i>Sequence Chart</i> Bagian IV	46
Gambar 3.6 <i>Sequence Chart</i> Bagian V	50
Gambar 3.7 <i>Sequence Chart</i> Bagian VI.....	53
Gambar 3.8 <i>Sequence Chart</i> Bagian VII.....	56

Gambar 3.9 <i>Sequence Chart</i> Bagian VIII	59
Gambar 3.10 <i>Sequence Chart</i> Bagian IX	62
Gambar 3.11 <i>Sequence Chart</i> Bagian X	65
Gambar 3.12 <i>Sequence Chart</i> Bagian XI	68
Gambar 3.13 <i>Sequence Chart</i> Bagian XII	71
Gambar 3.14 <i>Sequence Chart</i> Bagian XIII	74
Gambar 3.15 <i>Sequence Chart</i> Bagian XIV	77
Gambar 3.16 <i>Sequence Chart</i> Bagian XV	80
Gambar 3.17 <i>Sequence Chart</i> Bagian XVI	83
Gambar 3.18 <i>Sequence Chart</i> Bagian XVII	87
Gambar 3.19 <i>Sequence Chart</i> Bagian XVIII	90
Gambar 3.20 <i>Sequence Chart</i> Bagian XIX	93
Gambar 3.21 <i>Sequence Chart</i> Bagian XX	97
Gambar 4.1 Pengkabelan Sistem <i>Factory Automatic Trainer</i>	102
Gambar 4.2 Konfigurasi Sistem <i>Factory Automatic Trainer</i>	102
Gambar 4.3 Aktuator <i>Insert</i> dan <i>Insert Return</i> Aktif	104
Gambar 4.4 <i>Conveyor</i> 1 Aktif	105
Gambar 4.5 Aktuator <i>Eject</i> , <i>Timer</i> 1 dan <i>Eject Return</i> Aktif	105
Gambar 4.6 Aktuator <i>Rotary CW</i> dan <i>Rotary Down</i> Aktif	105
Gambar 4.7 Aktuator <i>Vacuum</i> , <i>Timer</i> 2, dan <i>Rotary Up</i> Aktif	106
Gambar 4.8 Aktuator <i>Rotary CCW</i> dan <i>Rotary Down</i> Aktif, <i>Vacuum</i> Non-Aktif	106
Gambar 4.9 <i>Conveyor</i> 2 Aktif	106
Gambar 4.10 Aktuator <i>Drill Down</i> dan <i>Drill On</i> Aktif	107
Gambar 4.11 Aktuator <i>Drill Up</i> , <i>Stopper Up</i> , dan <i>Timer</i> 4 Aktif	107
Gambar 4.12 Aktuator <i>Finger Backward</i> dan <i>Finger Down</i> Aktif (Bagian 1)	107
Gambar 4.13 Aktuator <i>Finger Grip</i> dan <i>Timer</i> 5, <i>Finger Up</i> dan <i>Finger</i> <i>Forward</i> Aktif (Bagian 1)	108
Gambar 4.14 Aktuator <i>Finger Up</i> dan <i>Finger Down</i> Aktif (Bagian 1)	108
Gambar 4.15 Aktuator <i>Finger Backward</i> dan <i>Finger Down</i> Aktif (Bagian 2)	108
Gambar 4.16 Aktuator <i>Finger Grip</i> Tidak Aktif dan <i>Timer</i> 6, <i>Finger Up</i> dan <i>Finger Forward</i> Aktif (Bagian 2)	109
Gambar 4.17 Aktuator <i>Finger Up</i> Aktif (Bagian 2)	109

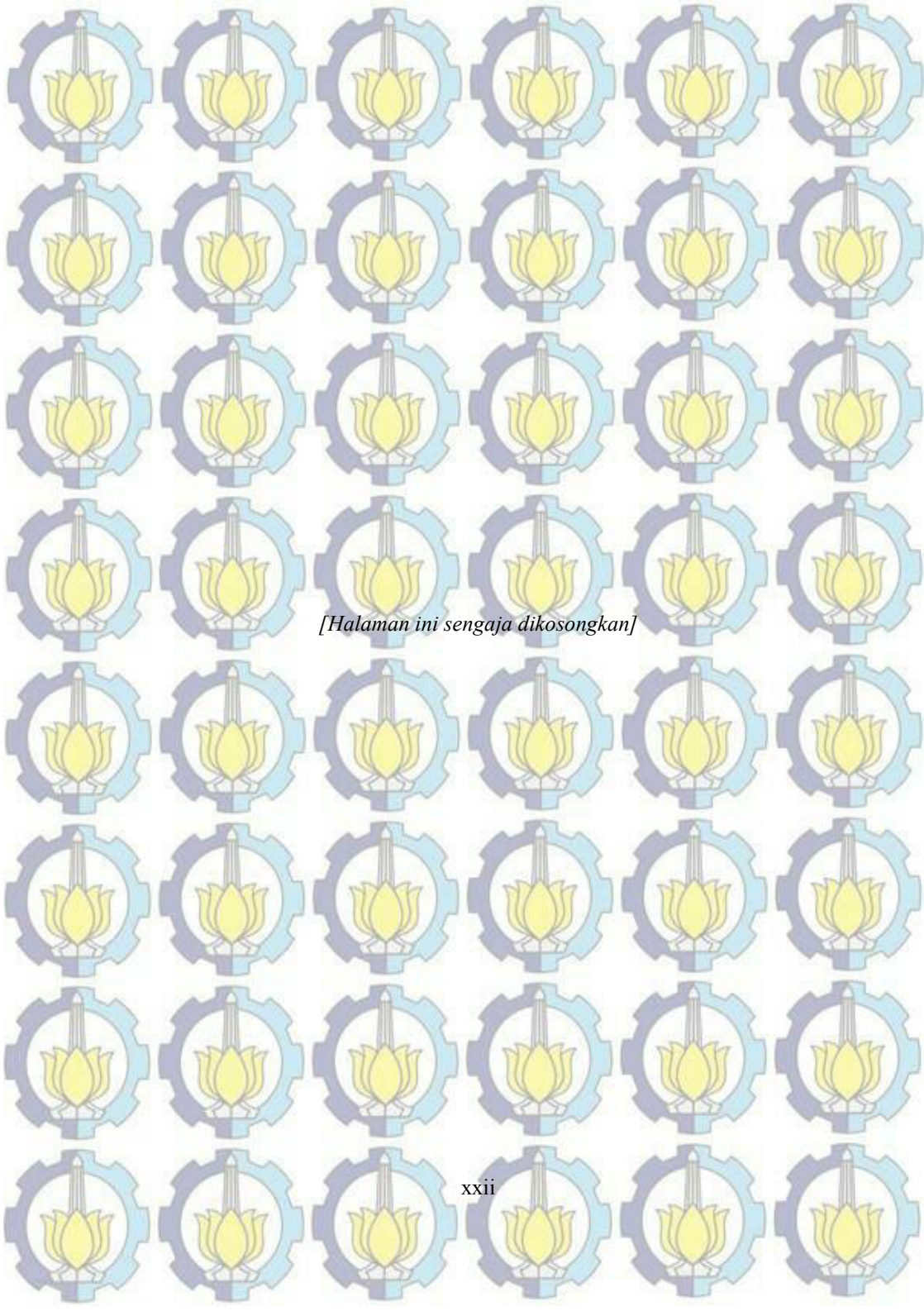
DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Keterangan CPU PLC LG Glofa GM4	24
Tabel 2.2 Spesifikasi Modul <i>Input</i> PLC LG Glofa GM4	26
Tabel 2.3 Spesifikasi Modul <i>Output</i> PLC LG Glofa GM4	27
Tabel 2.4 Keterangan <i>Power Supply</i> PLC LG Glofa GM4	28
Tabel 2.5 Spesifikasi Benda Kerja	29
Tabel 3.1 Daftar <i>Input Factory Automatic Trainer</i>	31
Tabel 3.2 Daftar <i>Output Factory Automatic Trainer</i>	33
Tabel 3.3 <i>Flowchart</i> Modul <i>Factory Automatic Trainer</i> (Bagian 1)	35
Tabel 3.4 <i>Flowchart</i> Modul <i>Factory Automatic Trainer</i> (Bagian 2)	36
Tabel 3.5 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian I	38
Tabel 3.6 Penugasan <i>State</i> Bagian I	38
Tabel 3.7 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian I	38
Tabel 3.8 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian II	41
Tabel 3.9 Penugasan <i>State</i> Bagian II	41
Tabel 3.10 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian II	41
Tabel 3.11 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian III	44
Tabel 3.12 Penugasan <i>State</i> Bagian III	44
Tabel 3.13 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian III	44
Tabel 3.14 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian IV	47
Tabel 3.15 Penugasan <i>State</i> Bagian IV	47
Tabel 3.16 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian IV	47
Tabel 3.17 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian V	50
Tabel 3.18 Penugasan <i>State</i> Bagian V	50
Tabel 3.19 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian V	51
Tabel 3.20 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian VI	53
Tabel 3.21 Penugasan <i>State</i> Bagian VI	53
Tabel 3.22 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian VI	54
Tabel 3.23 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian VII	56

Tabel 3.24 Penugasan <i>State</i> Bagian VII.....	57
Tabel 3.25 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian VII	57
Tabel 3.26 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian VIII	59
Tabel 3.27 Penugasan <i>State</i> Bagian VIII	60
Tabel 3.28 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian VIII	60
Tabel 3.29 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian IX	62
Tabel 3.30 Penugasan <i>State</i> Bagian IX	63
Tabel 3.31 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian IX	63
Tabel 3.32 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian X	65
Tabel 3.33 Penugasan <i>State</i> Bagian X	66
Tabel 3.34 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian X	66
Tabel 3.35 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XI	68
Tabel 3.36 Penugasan <i>State</i> Bagian XI	69
Tabel 3.37 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XI	69
Tabel 3.38 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XII	71
Tabel 3.39 Penugasan <i>State</i> Bagian XII	72
Tabel 3.40 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XII	72
Tabel 3.41 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XIII	74
Tabel 3.42 Penugasan <i>State</i> Bagian XIII	74
Tabel 3.43 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XIII	75
Tabel 3.44 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XIV	77
Tabel 3.45 Penugasan <i>State</i> Bagian XIV	78
Tabel 3.46 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XIV	78
Tabel 3.47 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XV	81
Tabel 3.48 Penugasan <i>State</i> Bagian XV	81
Tabel 3.49 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XV	81
Tabel 3.50 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XVI	84
Tabel 3.51 Penugasan <i>State</i> Bagian XVI	84
Tabel 3.52 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XVI	85

Tabel 3.53 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XVII.....	87
Tabel 3.54 Penugasan <i>State</i> Bagian XVII.....	87
Tabel 3.55 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XVII.....	88
Tabel 3.56 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XVIII.....	90
Tabel 3.57 Penugasan <i>State</i> Bagian XVIII.....	91
Tabel 3.58 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XVIII.....	91
Tabel 3.59 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XIX.....	94
Tabel 3.60 Penugasan <i>State</i> Bagian XIX.....	94
Tabel 3.61 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XIX.....	94
Tabel 3.62 <i>Primitive Flow Table</i> Bagian XX.....	97
Tabel 3.63 Penugasan <i>State</i> Bagian XX.....	98
Tabel 3.64 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi Output, dan Pembuatan Diagram <i>Ladder</i> Bagian XX.....	98
Tabel 4.1 Pengalamatan <i>Input</i> dan <i>Output</i> pada PLC.....	103
Tabel 4.2 Hasil Pengujian <i>Factory Automatic Trainer</i>	109
Tabel 4.3 Penggunaan <i>Relay</i> pada Sistem <i>Factory Automatic Trainer</i>	110



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang dari tugas akhir, permasalahan, tujuan, metode penelitian, sistematika penyusunan laporan tugas akhir, dan juga relevansi dari tugas akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Dengan semakin banyaknya permintaan terhadap berbagai produk di berbagai bidang secara cepat dan tepat, maka sektor industri sebagai pihak produsen juga harus memajukan teknologinya. Hal ini perlu dilakukan untuk mengimbangi permintaan yang ada dan juga untuk mempertahankan keberlangsungan dari industri itu sendiri. Dalam rangka untuk memajukan teknologinya, pihak industri menggunakan suatu sistem yang disebut dengan sistem otomasi. Dengan adanya otomatisasi industri, mesin yang bekerja dapat terus beroperasi dan menciptakan interaksi secara dinamis dengan mesin lainnya. Hal ini tentu berkaitan dengan peningkatan kebutuhan masyarakat di berbagai bidang, sehingga mendorong kebutuhan suatu sistem agar dapat mempermudah dan meningkatkan produktivitas dan efektivitas dalam berbagai pekerjaan di lingkungan industri. Pada sistem otomasi industri terdapat pusat kendali yang mengatur kinerja dari keseluruhan sistem yang ada pada industri tersebut. Pusat kendali yang sering digunakan pada sistem otomasi berbentuk alat yang disebut PLC (*Programmable Logic Controller*). PLC mampu memberikan dampak positif dalam berbagai perangkat listrik dan elektronik di industri.

PLC merupakan salah satu kontroler atau pusat kendali yang umum digunakan. Pada dasarnya didalam PLC terdapat beberapa peralatan yang berfungsi sebagai *relay*, *coil*, *latching coil*, *timer*, *counter*, perubahan analog ke *digital*, perubahan *digital* ke analog dan lain sebagainya yang dapat digunakan untuk mengendalikan peralatan dengan bantuan program yang dirancang sesuai dengan kehendak. Pada PLC terdapat beberapa jenis bahasa pemrograman, antara lain *Ladder Diagram* (LAD), *Function Block Diagram* (FBD), dan *Statement List* (STL) [1]. *Ladder Diagram* adalah bahasa pemrograman PLC yang dikembangkan dari kontak-kontak *relay* terstruktur dan menggambarkan aliran arus listrik. Jenis pemrograman ini yang paling banyak digunakan dalam praktisi akademis dikarenakan mudah dipahami dan tidak terlalu

rumit. Kontak digunakan sebagai masukan, sedangkan *coil* digunakan sebagai keluaran dari program *ladder diagram*. Dalam membangun suatu program untuk proses perakitan dengan *ladder diagram* bukan merupakan hal yang mudah dilakukan, karena suatu perakitan memiliki proses yang rumit dan banyak menggunakan operasi *relay*.

1.2 Permasalahan

Pada tugas akhir ini, hal yang menjadi fokus permasalahan adalah tentang cara mengkonstruksi diagram *ladder* dengan menggunakan metode *Huffman* pada *factory automatic trainer*.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada Tugas Akhir ini meliputi :

1. Sistem otomasi yang dirancang berupa *Ladder Diagram*
2. Metode yang digunakan dalam merancang sistem otomasi adalah metode *Huffman*
3. Alat yang digunakan untuk penerapan sistem otomasi berupa *Factory Automatic Trainer*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membangun sistem otomasi dalam bentuk *ladder diagram* dengan menggunakan metode *Huffman* pada *factory automatic trainer*.

1.5 Metodologi

Metode yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain meliputi :

a. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pengumpulan dan pengkajian terkait teori, informasi, maupun hasil eksperimen serupa yang dapat dijadikan referensi dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Sumber yang digunakan dapat diperoleh melalui berbagai sumber ilmiah seperti buku yang menjelaskan tentang metode *Huffman*, pemahaman dasar baik cara kerja maupun pemrograman dari PLC, *manual book* dari *factory automatic trainer*, hasil penelitian, maupun jurnal ilmiah yang telah dipublikasikan.

b. Identifikasi Keperluan I/O

Setelah mempelajari dasar ilmu yang akan digunakan, maka selanjutnya dilakukan identifikasi mengenai teori dan keadaan dari modul-modul yang ada pada *factory automatic trainer* secara langsung. Selanjutnya dilakukan identifikasi terkait dengan input dan output pada PLC yang mengendalikan keseluruhan modul, cara kerja dari aktuator yang digunakan dan spesifikasi dari tiap-tiap modul.

c. Konstruksi Diagram *Ladder*

Setelah melakukan identifikasi modul, maka selanjutnya dilakukan konstruksi diagram *ladder* dengan metode *Huffman*. Proses konstruksi dilakukan dengan pembuatan diagram *ladder* menggunakan bantuan tabel *Karnaugh Map (K-Map)*.

d. Implementasi

Setelah diagram *ladder* selesai dirancang maka dilakukan *downloading* program dengan menggunakan *software* GMWIN. Selain itu juga dilakukan pengujian terhadap simulasi yang disertai dengan analisis untuk mengoreksi kesesuaian dengan hasil yang diinginkan terhadap diagram *ladder* yang telah dibuat pada CPE-AT8030N *Factory Automatic Trainer*.

e. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Pada tahap ini akan dilakukan penyusunan laporan terkait hasil proses tugas akhir yang telah dilakukan. Penyusunan buku tugas akhir dilakukan sebagai bentuk laporan tertulis dari proses dan hasil kerja terkait topik yang diusulkan, yang terdiri dari bab pendahuluan, teori penunjang, perancangan diagram *ladder*, implementasi dan analisis, serta penutup.

1.6 Sistematika Laporan

Penulisan laporan Tugas Akhir disusun dalam lima bab, mencakup tentang hal yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini yang dibuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

BAB II TEORI PENUNJANG

Bab ini membahas tentang dasar teori yang digunakan dalam mendukung penelitian tugas akhir, di antaranya adalah teori pemodelan *Huffman*, teori sistem *factory automatic trainer*, teori instrumentasi sistem tentang sensor dan aktuator yang digunakan serta teori otomasi sistem tentang pemrograman *ladder diagram* pada PLC.

BAB III PERANCANGAN DIAGRAM LADDER

Bab ini membahas mengenai perancangan sistem yang meliputi langkah perancangan diagram *ladder* dari *factory automatic trainer* dengan metode *Huffman*, sehingga dapat membantu pembaca dalam memahami tahapan dari setiap proses perancangan diagram *ladder*.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISA

Bab ini memuat tentang hasil dari konstruksi *ladder diagram* serta penerapan pemodelan yang telah dibuat beserta analisisnya.

BAB V PENUTUP

Bab ini membahas tentang kesimpulan serta saran mengenai kekurangan dan kelemahan dari hasil yang telah diperoleh pada tugas akhir ini.

1.7 Relevansi

Hasil dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat digunakan dalam pengembangan penelitian tentang pembuatan *ladder diagram* dengan bantuan pemodelan metode *Huffman* serta dapat digunakan sebagai referensi untuk implementasi ataupun pengembangan di masa mendatang.

BAB II TEORI PENUNJANG

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai alat yang digunakan yaitu *Factory Automatic Trainer*, penjelasan mengenai masing-masing modul beserta komponen penunjang dan metode yang digunakan, yaitu metode *Huffman*.

2.1 *Factory Automatic Trainer*

Factory Automatic Trainer merupakan sekumpulan beberapa modul kecil dari sistem pada industri yang dikendalikan oleh suatu PLC. Pada *Factory Automatic Trainer* ini terdapat 5 buah modul yang digunakan yaitu *Separation Module*, *Pick and Place Module*, *Stopper Module*, *Line Movement Module*, dan *Control Unit*.

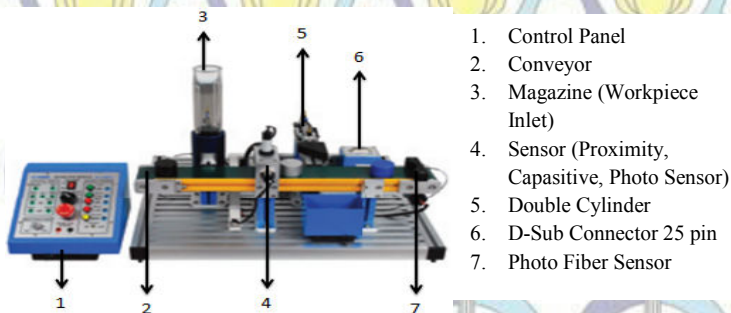


Gambar 2.1 *Factory Automatic Trainer* [2]

2.1.1 *Separation Module*

Modul ini mempelajari tentang pengelompokan benda berdasarkan ciri-ciri nya. Pada modul ini terdapat konveyor, *feeding tube and feeder system*, dan beberapa sensor yang mendukung kinerja dari modul ini. Konveyor yang digerakkan dengan motor DC, digunakan sebagai jalur pemindahan untuk benda yang akan dikelompokkan. *Feeding tube and feeder system* yang dilengkapi dengan *pneumatic cylinder* digunakan untuk mengeluarkan benda dari tabung

penampungan menuju konveyor untuk disortir. Setelah disortir oleh sensor, maka selanjutnya benda yang tidak sesuai dengan ciri yang diinginkan akan didorong menuju kotak pembuangan, sedangkan benda yang diinginkan akan jalan terus di konveyor menuju ke modul selanjutnya. Alat pendorong yang digunakan berupa *pneumatic cylinder*. Beberapa jenis sensor yang digunakan pada modul ini antara lain sensor *proximity* (*inductive* dan *capacitive*), sensor *fiber optic*, dan *photo sensor*. *Control Panel* juga disediakan untuk memudahkan interaksi proses kontrol yang dilakukan operator terhadap modul ini, baik secara otomatis maupun secara manual.

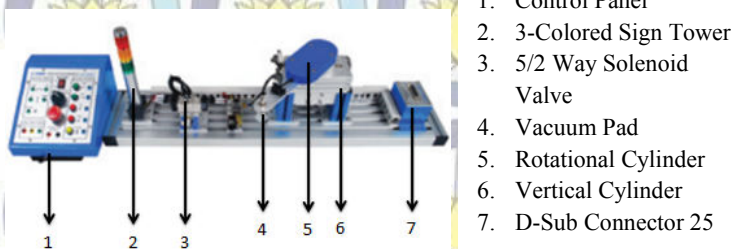


1. Control Panel
2. Conveyor
3. Magazine (Workpiece Inlet)
4. Sensor (Proximity, Capacitive, Photo Sensor)
5. Double Cylinder
6. D-Sub Connector 25 pin
7. Photo Fiber Sensor

Gambar 2.2 Separation Module [2]

2.1.2 Pick & Place Module

Modul ini mempelajari tentang proses pengambilan dan penempatan benda. Pada modul ini juga dilengkapi dengan *sign light* berwarna merah, kuning, dan hijau.



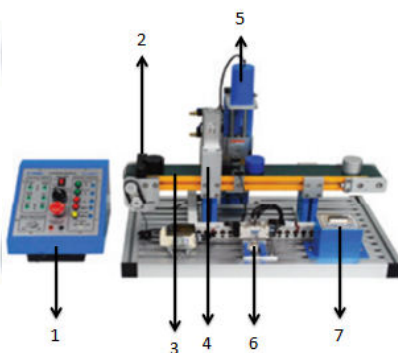
1. Control Panel
2. 3-Colored Sign Tower
3. 5/2 Way Solenoid Valve
4. Vacuum Pad
5. Rotational Cylinder
6. Vertical Cylinder
7. D-Sub Connector 25

Gambar 2.3 Pick & Place Module [2]

Benda yang lolos sesuai keinginan dari *separation module* selanjutnya akan dipindahkan dengan cara menyedot benda menggunakan *absorption pad*, lalu benda akan bergerak menuju konveyor kedua dan benda akan diletakan diatas konveyor tersebut. Berikutnya benda akan bergerak menuju modul selanjutnya, yaitu *stopper module*. *Control Panel* juga disediakan untuk memudahkan interaksi proses kontrol yang dilakukan operator terhadap modul ini, baik secara otomatis maupun secara manual.

2.1.3 Stopper Module

Modul ini merupakan kelanjutan proses yang akan ditempuh benda yang telah lolos dari dua modul sebelumnya, yaitu *separation module* dan *pick & place module*. Pada modul ini, setelah benda mengenai sensor *photo fiber*, maka modul *stopper* akan bekerja menahan benda, untuk selanjutnya benda diproses oleh mesin *drill*. Setelah benda selesai pada proses *drilling*, selanjutnya modul *stopper* akan terbuka dan benda akan kembali berjalan menuju ke modul selanjutnya, yaitu *line movement module*. *Control Panel* juga disediakan untuk memudahkan interaksi proses kontrol yang dilakukan operator terhadap modul ini, baik secara otomatis maupun secara manual.



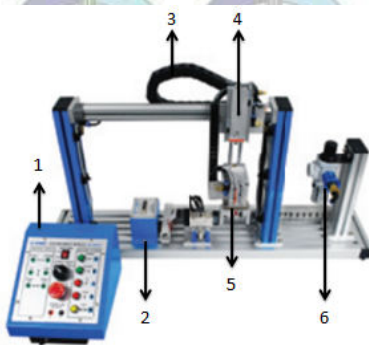
1. Control Panel
2. Photo Fiber Sensor
3. Conveyor
4. Stopper
5. Drilling Machine
6. 5/2 Way Solenoid Valve
7. D-Sub Connector 25 pin

Gambar 2.4 Stopper Module [2]

2.1.4 Line Movement Module

Modul ini mempelajari tentang silinder kerja baik secara vertikal maupun horizontal. Di ujung silinder kerja ini terdapat suatu *finger grip* yang berfungsi untuk menjepit dan memindahkan benda. Pergerakan

silinder kerja menggunakan suatu rantai yang disebut *robo chain*. Selain itu, silinder kerja digerakkan dengan sumber dari *solenoid valve*. Benda yang dipindahkan pada bagian ini selanjutnya akan menuju ke kotak penampungan akhir dan siap untuk digunakan. *Control Panel* juga disediakan untuk memudahkan interaksi proses kontrol yang dilakukan operator terhadap modul ini, baik secara otomatis maupun secara manual.



1. Control Panel
2. D-Sub Connector 25 pin
3. Robo Chain
4. Working Cylinder
(Horizontal & Vertical)
5. Finger Grip
6. 5/2 Way Solenoid Valve

Gambar 2.5 Line Movement Module [2]

2.1.5 Control Unit

Modul ini berfungsi sebagai pusat kendali dari keseluruhan modul yang ada. Dilengkapi dengan *circuit breaker* dan *control panel* untuk memudahkan interaksi proses kontrol yang dilakukan operator. Pusat kendali yang digunakan berupa PLC (*Programmable Logic Controller*) dengan merek LG GLOFA tipe GM4 dengan jumlah slot untuk *input* dan *output* masing-masing sebanyak 32 slot. Jenis pemrograman yang digunakan pada PLC ini adalah *Ladder Diagram*.

2.2 Komponen Penunjang

Beberapa komponen lain juga digunakan untuk membantu kinerja dari keseluruhan modul *factory automatic trainer*, antara lain Sensor, Aktuator, dan Komponen Pendukung Lain. Sensor yang digunakan terdiri dari sensor *Proximity*, sensor *Capasitive*, sensor *Photo*, dan sensor *Photo Fiber*. Untuk aktuator yang digunakan antara lain Konveyor, *Solenoid Valve*, *Working Cylinder*, *Finger Grip*, *Vacuum Pad*, *Feeding Tube & Feeder System*, dan *3-Colored Sign Tower*. Sedangkan untuk komponen pendukung lain terdiri dari Kompresor,

PLC, dan Benda Kerja. Semua komponen tersebut akan dijelaskan pada bagian ini.

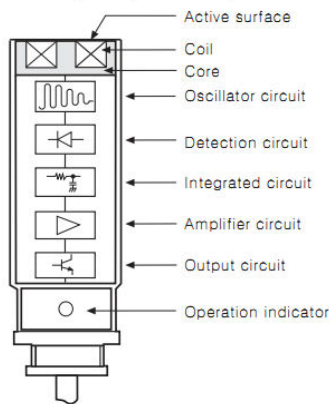
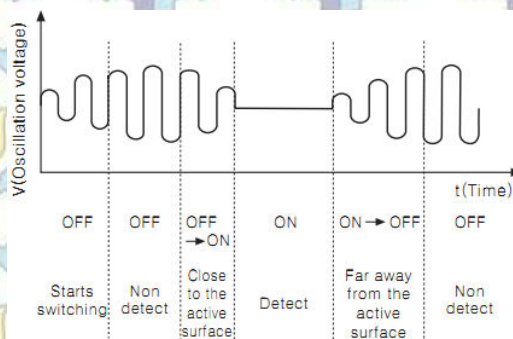
2.2.1 Sensor

Sensor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran mekanis, magnetik, panas, sinar, dan kimia menjadi besaran listrik berupa tegangan, resistansi dan arus listrik. Sensor bertujuan untuk mendeteksi suatu perubahan yang terjadi pada rangkaian listrik, sehingga dapat menerima *input* berupa besaran yang akan diubah menjadi energi listrik dan diproses untuk menghasilkan *output* sesuai fungsinya. Pada bagian akan dijelaskan mengenai jenis sensor yang digunakan pada modul *factory automatic trainer*. Ada empat jenis sensor yang digunakan, yaitu sensor *Proximity*, sensor *Capasitive*, sensor *Photo*, dan sensor *Photo Fiber*.

2.2.1.1 Sensor Proximity

Proximity Switch atau Sensor *Proximity* adalah alat pendeteksi yang bekerja berdasarkan jarak obyek terhadap sensor. Karakteristik dari sensor ini adalah mendeteksi obyek benda dengan jarak yang cukup dekat, berkisar antara 1 mm sampai beberapa centimeter, sesuai dengan tipe sensor yang digunakan. *Proximity Switch* ini mempunyai tegangan kerja antara 10-30 VDC dan ada juga yang menggunakan tegangan 100-200 VAC. Hampir di setiap mesin produksi menggunakan sensor jenis ini, sebab selain praktis, sensor ini termasuk sensor yang tahan terhadap benturan ataupun guncangan, dan juga mudah pada saat melakukan perawatan dan perbaikan serta penggantian.

Proximity Sensor terbagi menjadi dua macam, yaitu *proximity* induktif dan *proximity* kapasitif. *Proximity Inductive* berfungsi untuk mendeteksi obyek besi/metal. Meskipun terhalang oleh benda non-metal, sensor akan tetap dapat mendeteksi selama dalam jarak (nilai) *normal sensing* atau jangkauannya. Jika sensor mendeteksi adanya besi di area *sensing* nya, maka kondisi *output* sensor akan berubah nilainya. Sedangkan *Proximity Capacitive* akan mendeteksi semua obyek yang ada dalam jarak sensengnya baik *metal* maupun *non-metal*. Nilai *output* dari *Proximity Switch* terdiri dari 3 jenis, dan dapat diklasifikasikan juga sebagai nilai NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*), seperti fungsi pada tombol atau secara spesifik menyerupai fungsi *limit switch* dalam suatu sistem kerja rangkaian yang membutuhkan suatu perangkat pembaca dalam mesin yang bekerja secara kontinyu.

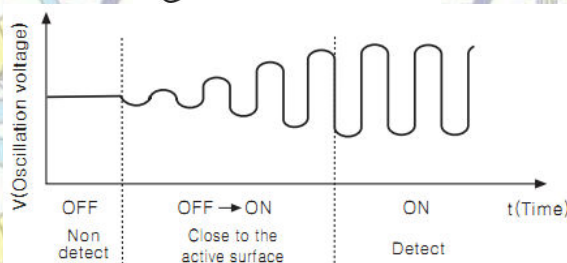
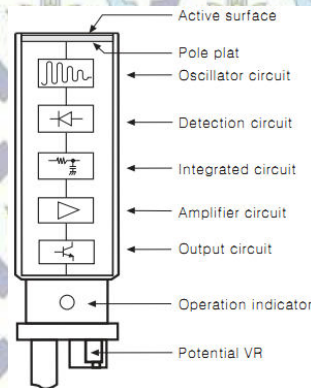


Gambar 2.6 Prinsip Kerja *Proximity Sensor* [3]

2.2.1.2 *Sensor Capacitive*

Sensor *proximity* kapasitif bekerja untuk mendeteksi ada atau tidaknya objek dengan melihat perubahan nilai kapasitansi ketika didekatkan dengan benda tertentu. Sensor ini akan membangkitkan medan elektrik dan nantinya akan mendeteksi nilai kapasitansi ketika medan elektrik ini memotong suatu objek. Selain itu, sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan muatan energi listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang dan perubahan volume dielektrik sensor kapasitif tersebut. Konsep kapasitor yang digunakan dalam sensor kapasitif adalah proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam

bentuk muatan-muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh luas permukaan, jarak dan bahan dielektrik.

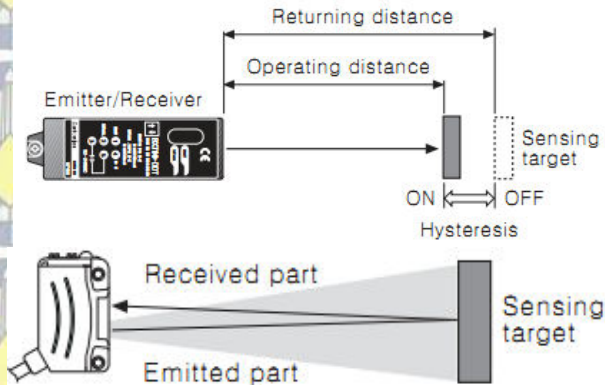


Gambar 2.7 Prinsip Kerja *Capacitive Sensor* [3]

Terdapat tiga sifat sensor kapasitif yang dimanfaatkan dalam proses pengukuran. Pertama, jika luas permukaan dan dielektrik (udara) dijaga konstan, maka perubahan nilai kapasitansi ditentukan oleh jarak antara kedua lempeng logam. Kedua, jika luas permukaan dan jarak kedua lempeng logam dijaga konstan dan volume dielektrik dapat dipengaruhi maka perubahan kapasitansi ditentukan oleh volume atau ketinggian cairan elektrolit yang diberikan. Ketiga, jika jarak dan dielektrik (udara) dijaga konstan, maka perubahan kapasitansi ditentukan oleh luas permukaan kedua lempeng logam yang saling berdekatan. Kontruksi sensor kapasitif yang digunakan berupa dua buah lempeng logam yang diletakkan sejajar dan saling berhadapan. Jika diberi beda tegangan antara kedua lempeng logam tersebut, maka akan timbul kapasitansi antara kedua logam tersebut. Nilai kapasitansi yang

ditimbulkan berbading lurus dengan luas permukaan lempeng logam, berbading terbalik dengan jarak antara kedua lempeng dan berbading lurus dengan zat antara kedua lempeng tersebut (dielektrik).

2.2.1.3 *Sensor Photo*



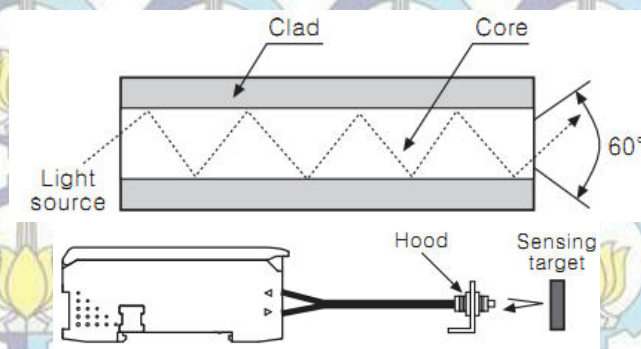
Gambar 2.8 Prinsip Kerja *Photo Sensor* [4]

Photo sensor adalah sensor yang dapat mendeteksi cahaya berupa infra merah atau sejenisnya yang dipancarkan oleh pemancar yang disebut *emitter* dan memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda. *Photo sensor* umumnya dipakai pada mesin industri yang bekerja baik secara otomatis maupun manual. Pada mesin yang bekerja secara otomatis, sensor ini berfungsi sebagai pemberi sinyal masukan atau informasi untuk dikontrol lebih lanjut, agar mesin dapat berjalan secara otomatis. Sensor ini dapat mendeteksi benda dengan jarak yang bervariasi, tergantung dari tipe dan jenis sensor. Pada penggunaannya, sensor ini dilengkapi dengan *Reflector*, yaitu suatu komponen yang terbuat dari plastik yang permukaan bagian dalamnya berbentuk prisma atau segi enam dan berfungsi untuk memantulkan cahaya yang dikirim oleh *Emitter*. Selain itu juga terdapat *photo sensor* yang tidak menggunakan *reflector*, tapi pada umumnya sensor jenis ini berjumlah dua atau berpasangan, artinya terdapat bagian pengirim dan bagian penerima. Pengirim atau *emitter*, bertugas sebagai sumber cahaya untuk mengirimkan cahaya ke bagian penerima, sedangkan bagian penerima atau *receiver* bertugas sebagai penerima cahaya yang dikirimkan oleh *emitter*. Cahaya yang dikirimkan oleh pengirim harus sejajar dengan

penerima agar cahaya yang dikirim oleh *emitter* benar - benar terdeteksi oleh *receiver*, sehingga sensor dapat bekerja dengan baik.

2.2.1.4 *Sensor Photo Fiber*

Sensor optik adalah piranti masukan suatu sistem kendali otomatis yang dibuat dengan komponen optikal yang berfungsi untuk menangkap/mengumpulkan informasi mengenai kondisi lingkungan yang ada di sekitar sensor dengan bantuan cahaya. Komponen yang sering digunakan dalam pembuatan sensor optik adalah *Light Dependent Resistor (LDR)*, *photo-diode*, dan *photo-transistor*. Oleh sebab sensor optik adalah sensor yang bekerja dengan bantuan cahaya, maka proses pensaklaran tidak dapat dilakukan oleh komponen saklar mekanik. Pada sensor optik, proses pensaklaran dilakukan oleh komponen yang bekerja dengan bantuan cahaya, yaitu komponen optik (*LDR/photo-diode/photo-transistor*). Dari sini maka dapat disimpulkan bahwa sistem kerja sensor optik menyerupai sebuah saklar, yaitu menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik. Perbedaannya, proses pensaklarannya komponen saklar membutuhkan bantuan manusia sedangkan komponen optik proses pensaklarannya dibantu dengan cahaya, yaitu cahaya yang mengenai bagian *photo-conductive* komponen optik.



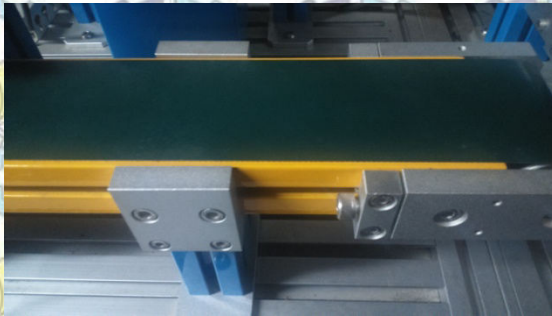
Gambar 2.9 Prinsip Kerja *Fiber Optic Sensor* [5]

2.2.2 *Aktuator*

Aktuator adalah suatu alat yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis. Biasa digunakan sebagai proses lanjutan dari keluaran suatu proses olah data yang dihasilkan oleh suatu sensor atau kontroler. Pada instrumentasi aktuator sebagai output terakhir sebagai penerus

perintah dari controller untuk melakukan tindakan eksekusi/koreksi. Terdapat tiga jenis aktuator berdasarkan prinsip kerjanya, yaitu aktuator listrik, aktuator hidrolik, dan aktuator pneumatik. Aktuator elektrik merupakan aktuator yang mempunyai prinsip kerja mengubah sinyal elektrik menjadi gerakan mekanik. Aktuator pneumatik adalah aktuator yang memanfaatkan udara bertekanan menjadi gerakan mekanik. Aktuator Hidrolik merupakan aktuator yang memanfaatkan aliran fluida/oli bertekanan menjadi gerakan mekanik. Komponen aktuator yang digunakan pada tugas akhir ini antara lain Konveyor, *Solenoid Valve*, *Working Cylinder*, *Finger Grip*, *Vacuum Pad*, *Feeding Tube & Feeder System*, dan *3-Colored Sign Tower*.

2.2.2.1 Konveyor

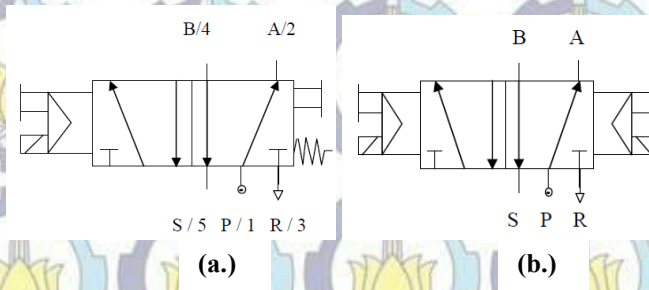


Gambar 2.10 Konveyor

Konveyor adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Konveyor banyak dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. Konveyor terutama berguna dalam aplikasi yang melibatkan transportasi bahan berat atau besar. Sistem konveyor memungkinkan transportasi cepat dan efisien untuk berbagai bahan. Banyak jenis sistem konveyor yang tersedia dan digunakan sesuai dengan kebutuhan berbagai industri yang berbeda. Dalam kondisi tertentu, konveyor banyak dipakai karena mempunyai nilai ekonomis dibanding transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut. [6]

2.2.2.2 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / solenoida. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik, *solenoid valve* bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator pneumatik (*cylinder*). Banyak sekali jenis dari *solenoid valve*, karena di desain sesuai dengan fungsi dan kebutuhan, mulai dari 2 saluran, 3 saluran, 4 saluran dan sebagainya. Sebagai contoh yang digunakan pada modul *factory automatic trainer* adalah *5/2 way solenoid valve*. Terdapat dua jenis *5/2 way solenoid valve* yaitu jenis *single* dan *double*.



Gambar 2.11 5/2 Way Solenoid Valve
(a.) Tipe *Single* ; (b.) Tipe *Double* [7]

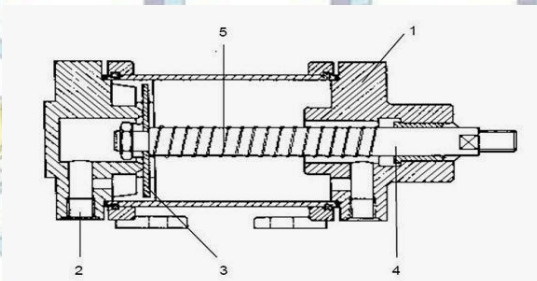
Pada solenoid jenis *single*, terdapat bagian dalam yang terdiri dari lima saluran dan dua ruangan. Pada solenoid ini terdapat dua *output*, dimana salah satu *output* bekerja sebelum solenoid mendapat tegangan dan arus serta pada sistem *solenoid valve* ini terdapat pegas yang berfungsi sebagai penarik batang pelat yang ada dalam *valve* agar kembali untuk menyalurkan tekanan pneumatik pada fungsi *output* yang bekerja pada saat solenoid tidak mendapat tegangan dan arus. Saat solenoid mendapat tegangan dan arus, induksi yang terjadi dalam solenoid tersebut menarik batang pelat yang mempunyai gaya tarik lebih besar dari gaya pegas dan akibatnya sumber *supply input* menyalurkan sumber pada *output* yang lain, akibatnya *output* yang lain dapat aktif.

Sedangkan pada solenoid jenis *double*, mempunyai cara kerja dan konstruksi bagian dalam yang sama dengan *valve* pneumatik *5/2 way double pilot*. Perbedaan terdapat pada *input trigger*, yang mana pada jenis *solenoid valve* ini terdapat dua *output*. Tiap *output* mempunyai solenoid tersendiri, sehingga cara kerjanya berdasarkan *input trigger* solenoid. Pada saat *input* tegangan dan arus tidak aktif, maka *output* tegangan dan arus juga tidak aktif. Sedangkan *output* tekanan pneumatik masih aktif dikarenakan kedudukan dari batang plat akibat terkena tarikan dari *input* solenoid yang terakhir.

2.2.2.3 *Working Cylinder*

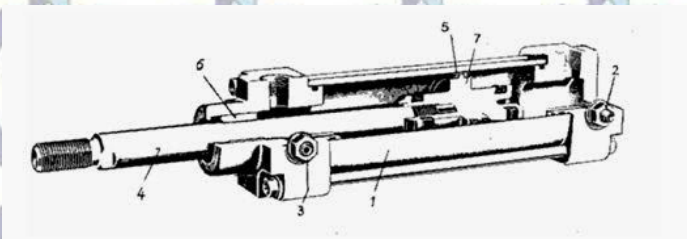
Silinder pneumatik adalah aktuator atau perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan (udara yang terkompresi) untuk menghasilkan kekuatan dalam gerakan bolak – balik piston secara linier (gerakan keluar - masuk). Silinder pneumatik biasa digunakan untuk menjepit benda, mendorong mesin pemotong, penekan mesin pengepresan, peredam getaran, pintu penyortiran, dan lain sebagainya. Silinder pneumatik mungkin memang memiliki banyak fungsi kegunaan, akan tetapi fungsi dasar silinder tidak pernah berubah, dimana mereka berfungsi mengkonversi tekanan udara atau energi potensial udara menjadi energi gerak atau kinetik. Dalam pengoperasiannya, silinder pneumatik dikontrol oleh katup atau *valve* pengontrol. Katup pengontrol ini berfungsi mengontrol arah udara yang akan masuk ke tabung silinder. Dengan kata lain, katup kontrol arah inilah yang mengontrol gerakan maju atau mundur (keluar atau masuk) piston. Katup kontrol arah ini biasa dikendalikan secara mekanis atau manual dengan tangan, maupun secara elektris seperti *solenoid valve*.

Terdapat dua tipe silinder pneumatik yang paling umum atau sering digunakan, yaitu silinder kerja tunggal (*single acting cylinder*) dan silinder kerja ganda (*double acting cylinder*). Silinder kerja tunggal (*single acting cylinder*) merupakan jenis silinder yang hanya memiliki satu *port* untuk masuknya udara bertekanan. Silinder ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong ataupun menekan piston dalam satu arah saja (umumnya keluar) dan menggunakan pegas pada sisi yang lain untuk mendorong piston kembali pada posisi semula. Akan tetapi silinder ini memiliki kelemahan dimana sebagian kekuatan dari silinder hilang untuk mendorong pegas.



1. Rumah Silinder
2. Lubang Masuk Udara Bertekanan
3. Piston
4. Batang Piston
5. Pegas

Gambar 2.12 Konstruksi Silinder Kerja Tunggal [7]



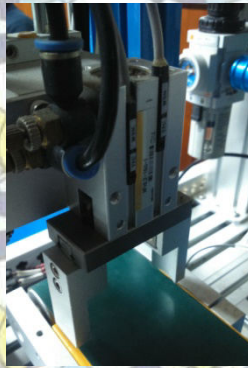
- | | |
|-------------------|------------|
| 1. Rumah Silinder | 5. Seal |
| 2. Saluran Masuk | 6. Bearing |
| 3. Saluran Keluar | 7. Piston |
| 4. Batang Piston | |

Gambar 2.13 Konstruksi Silinder Kerja Ganda [7]

Sedangkan silinder kerja ganda (*double acting cylinder*) merupakan silinder yang memiliki dua *port*, yaitu untuk *instroke* dan *outstroke*. Silinder jenis ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong piston keluar dan mendorong piston untuk kembali

pada posisi awal (menarik kedalam). Sehingga silinder ini membutuhkan lebih banyak udara dan katup pengontrol arah yang lebih rumit bila dibandingkan dengan silinder kerja tunggal.

2.2.2.4 *Finger Grip*

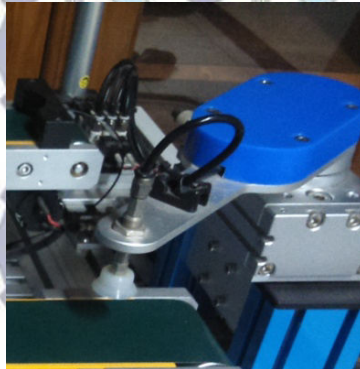


Gambar 2.14 *Pneumatic Finger Grip*

Gripper pneumatik adalah jenis aktuatur pneumatik yang biasanya melibatkan gerakan permukaan paralel atau sudut yang akan menggenggam objek. Ketika dikombinasikan dengan komponen pneumatik, listrik, atau hidrolik lainnya, *gripper* dapat digunakan sebagai bagian dari sistem *pick and place* yang akan memungkinkan komponen untuk diambil dan ditempatkan di tempat lain sebagai bagian dari sistem manufaktur. Beberapa gripper bertindak langsung pada objek yang akan digenggam berdasarkan kekuatan tekanan udara yang diberikan kepada *gripper*, sementara yang lain menggunakan mekanisme seperti roda gigi untuk memanfaatkan jumlah gaya yang diterapkan pada objek yang dicengkeram.

Jenis *gripper* juga dapat bervariasi dalam hal ukuran pembukaan pencengkram, jumlah kekuatan yang dapat diterapkan, dan bentuk permukaan yang digunakan untuk mencengkeram. *Gripper* dapat digunakan untuk mengambil segala sesuatu dari barang yang sangat kecil seperti transistor atau *chip* untuk papan sirkuit. Selain itu, *gripper* juga dapat digunakan untuk mengambil barang yang sangat besar, seperti blok mesin untuk mobil. *Gripper* sering dipasang pada robot di industri untuk memungkinkan robot berinteraksi dengan objek lain.

2.2.2.5 *Vacuum Pad*



Gambar 2.15 *Pneumatic Vacuum Pad*

Permukaan kerja *vacuum suction cup* terbuat dari bahan elastis, fleksibel dan memiliki permukaan melengkung. Ketika pusat cangkir penyedot ditekan terhadap permukaan yang datar dan tidak berpori, volume ruang antara *suction cup* dan permukaan datar berkurang, yang menyebabkan udara di antara cangkir dan permukaan akan dibuang melewati tepi cangkir dan melingkar. Rongga yang terbentuk di antara cangkir dan permukaan datar memiliki sedikit atau tidak ada udara di dalamnya karena sebagian besar udara telah dipaksa keluar dari bagian dalam cangkir, menyebabkan kurangnya tekanan. Perbedaan tekanan antara atmosfer di bagian luar cangkir dan rongga tekanan rendah di bagian dalam cangkir menyebabkan cangkir tetap menempel ke permukaan. Ketika pengguna berhenti untuk menerapkan tekanan fisik ke bagian luar cangkir, zat elastis yang dimiliki cangkir akan cenderung untuk menuju bentuk aslinya yang melengkung. Waktu yang digunakan untuk menghisap dapat dipertahankan, tergantung pada berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk udara kembali ke rongga antara cangkir dan permukaan, menyamakan tekanan dengan atmosfer sekitarnya.

2.2.2.6 *Feeding Tube & Feeder System*

Feeding tube and feeder system adalah sistem yang digunakan untuk mengendalikan masuknya benda kerja pada modul *factory automatic trainer*. *Feeding tube* terdiri dari sebuah *optical photo fiber sensor* yang selanjutnya disebut dengan *Magazine (MAG)*, *double*

acting pneumatic cylinder, valve dan relay. Sedangkan *feeder tube* adalah tabung yang digunakan untuk menampung benda kerja.



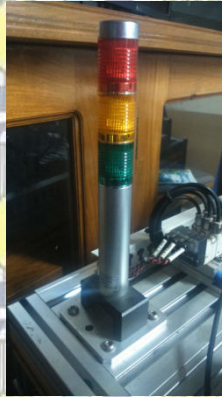
Gambar 2.16 *Feeding Tube & Feeder System*

Prinsip kerja keduanya adalah mula-mula benda kerja dimasukan kedalam *feeder tube* hingga penuh. Apabila konveyor dalam keadaan berjalan (ON) dan *Magazine* mendeteksi keberadaan benda kerja, maka akan mengaktifkan *valve* dan *pneumatic cylinder* untuk mendorong benda kerja masuk ke konveyor. Selang beberapa detik, *cylinder* akan kembali ke kedudukan semula dan benda kerja berikutnya akan terjatuh sehingga *Magazine* mendeteksi kembali.

2.2.2.7 Sign Tower

Sign tower umumnya digunakan pada peralatan di industri manufaktur dan lingkungan pengendalian proses untuk memberikan indikator visual dan suara sehingga operator dapat melihat dan mendengar keadaan mesin atau proses secara keseluruhan. Sign tower digunakan dalam aplikasi yang sama seperti lampu suar, namun informasi yang ditampilkan mencakup lebih banyak kondisi dan proses mesin. *Sign tower* biasanya menggunakan lampu pijar, lampu LED atau lampu xenon sebagai sumber cahaya. *Sign tower* memiliki struktur kolom dalam berbagai bentuk dan segmen indikator warna di atas satu sama lain hingga 5 segmen warna yang berbeda untuk menunjukkan

berbagai kondisi pada mesin atau proses. Kombinasi segmen warna terdiri dari merah, kuning, hijau, biru atau putih.



Gambar 2.17 *Sign Tower*

2.2.3 Komponen Pendukung Lain

Terdapat tiga komponen pendukung lain pada modul *factory automatic trainer* yang terdiri dari Kompresor, PLC, dan Benda Kerja.

2.2.3.1 Kompresor

Kompresor adalah mesin atau alat yang berfungsi untuk memampatkan udara atau gas. Secara umum fungsiya adalah menghisap udara, yang merupakan campuran dari beberapa gas dengan susunan 78% Nitrogen, 21% Oksigen dan 1% campuran Argon, Karbon Dioksida, Uap Air, Minyak, dan bahan lainnya. Namun ada juga kompresor yang menghisap udara/gas dengan tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer yang disebut penguat (*booster*). Sebaliknya ada pula kompresor yang menghisap udara atau gas bertekanan lebih rendah dari tekanan atmosfer yang disebut pompa vakum.

Fungsi kompresor adalah untuk menaikkan tekanan suatu gas. Tekanan gas dapat dinaikkan dengan mengurangi volumenya. Ketika volumenya dikurangi, tekanannya naik. Kompresor diaktifkan dengan cara menghidupkan penggerak mula yang umumnya berupa motor listrik. Udara akan disedot oleh kompresor kemudian ditekan ke dalam tangki udara hingga mencapai tekanan beberapa bar. Untuk menyalurkan udara bertekanan ke seluruh sistem (sirkuit pneumatik) diperlukan unit

pelayanan atau *service unit* yang terdiri dari penyaring (*filter*), katup kran (*shut off valve*) dan pengatur tekanan (*regulator*). *Service unit* ini diperlukan karena udara bertekanan yang diperlukan di dalam sirkuit pneumatik harus benar-benar bersih dan tekanan operasional pada umumnya hanyalah sekitar 6 bar. Selanjutnya udara bertekanan disalurkan dengan bekerjanya *solenoid valve pneumatic* ketika mendapat tegangan input pada kumparan dan menarik plunger sehingga udara bertekanan keluar dari *outlet port* melalui selang elastis menuju katup pneumatik (katup pengarah / *inlet port pneumatic*). Udara bertekanan yang masuk akan mengisi tabung pneumatik (silinder pneumatik kerja tunggal) dan membuat piston bergerak maju dan udara bertekanan tersebut terus mendorong piston dan akan berhenti di lubang *outlet port pneumatic* atau batas dorong piston.

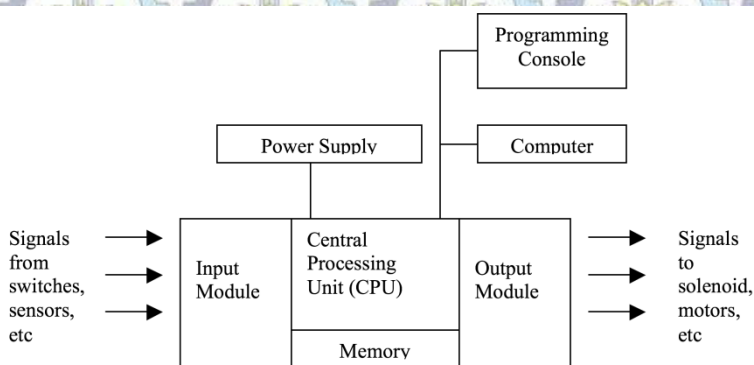


Gambar 2.18 Kompresor

2.2.3.2 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Control (PLC) adalah sebuah komputer khusus yang ditujukan untuk pengaturan proses di industri. PLC merupakan pengganti dari sistem kendali berbasis *relay* yang terhubung secara *hardwired*. Terdapat dua tipe PLC yang sering digunakan yaitu *compact* dan *modular* yang dibedakan berdasarkan kapasitas yang dimiliki. Untuk memprogram sebuah PLC, terdapat lima bahasa yang dapat digunakan antara lain *Ladder Diagram* (LD), *Function Block Diagram* (FBD), *Structure Text* (ST), *Instruction List* (IL), dan *Sequential Function Chart* (SFC). PLC terdiri dari *Central Processing Unit* (CPU) yang berisi program aplikasi, memori (RAM dan ROM), dan modul *interface Input-Output* (I/O) yang terhubung langsung

dengan peralatan fisik *input* seperti *switch* atau sensor dan fisik *output* seperti motor, solenoida dan lampu.



Gambar 2.19 Blok Diagram Cara Kerja PLC

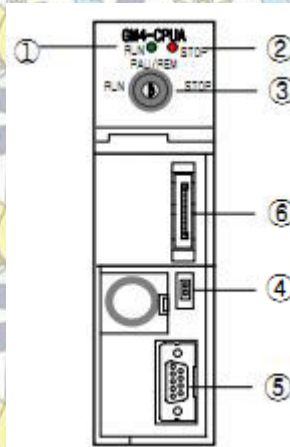
Pada Tugas Akhir ini, PLC yang digunakan adalah PLC dengan merek LG tipe GLOFA GM4 seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.20. Berikut ini adalah penjelasan mengenai PLC tersebut:



Gambar 2.20 PLC LG Glofa GM4

- *Central Processing Unit (CPU)* [8]
CPU adalah sebuah mikroprosesor yang mengatur kerja dari sistem PLC. CPU ini menjalankan program, memproses sinyal I/O, dan meng-update status *input-ouput* dalam suatu *scan time* tertentu. *Scan time*

merupakan waktu yang diperlukan untuk proses pembacaan status *input* dan memproses serta mengubah *output* secara sekuensial dan kontinyu.



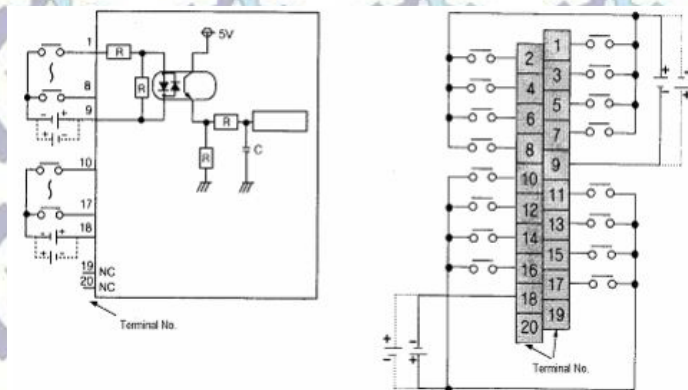
Gambar 2.21 CPU PLC LG Glofa GM4

Tabel 2.1 Keterangan CPU PLC LG Glofa GM4

No.	Nama	Keterangan
1.	RUN LED	<p>Sebagai indikator mode operasi CPU.</p> <p>ON: Saat saklar kunci dalam mode Lokal atau Remote RUN</p> <p>OFF: Lampu RUN LED akan mati dalam keadaan berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sumber listrik yang digunakan tidak bekerja secara normal. • Saklar kunci dalam keadaan STOP atau mode PAU/REM. • Terjadi error yang menyebabkan berhentinya operasi.
2.	STOP LED	<p>ON: Saat saklar kunci dalam mode Lokal atau Remote STOP</p> <p>OFF: Lampu STOP LED akan mati dalam keadaan berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saklar kunci dalam keadaan Lokal RUN atau mode Lokal PAUSE.

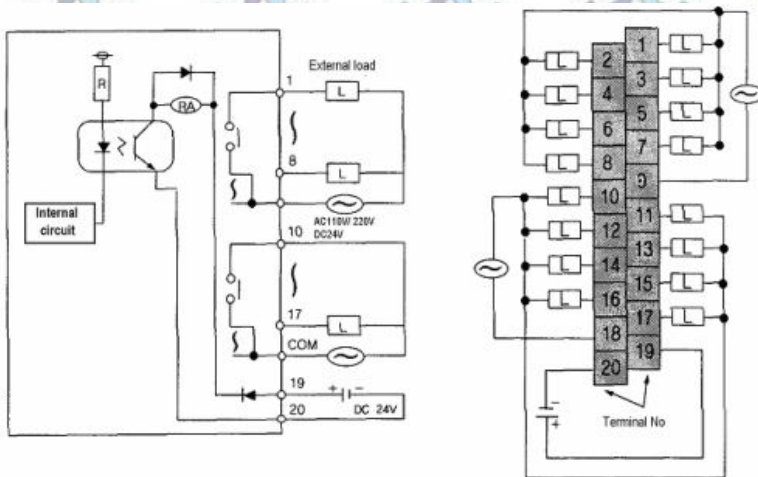
		<ul style="list-style-type: none"> Mode Operasi dalam keadaan Remote RUN / PAUSE / DEBUG Flickering: Terjadi error saat dijalankan Self-Testing Function.
3.	Key Switch	Untuk menentukan mode operasi CPU. RUN: Program sedang dijalankan. STOP: Program sedang berhenti. PAUSE: Operasi program diberhentikan sementara. REMOTE: Digunakan saat ingin mengendalikan PLC jarak jauh.
4.	Backup Battery Connector	Sebagai tempat untuk baterai cadangan.
5.	RS-232C Connector	Sebagai penghubung komunikasi antara GMWIN dengan komponen lainnya.
6.	Memory Module Connector	Sebagai tempat untuk memasang memori tambahan pada modul CPU.

➤ Modul *Input/Output* (I/O) [8]



Gambar 2.22 Modul *Input* PLC LG Glofa GM4

Modul *Input/Output* adalah bagian dari PLC yang berhubungan langsung dengan dunia luar secara fisik. Jumlah *input/output* yang digunakan dalam suatu sistem sangat penting untuk menentukan tipe PLC yang akan digunakan.



Gambar 2.23 Modul *Output* PLC LG Glofa GM4

Tabel 2.2 Spesifikasi Modul *Input* PLC LG Glofa GM4

Model		GM4
Spesifications		G4I-D22A
Number of Input Points		16 points
Insulation Method		Photo Coupler
Rated Input Voltage		12/24 VDC
Rated Input Current		5/11 mA
Operating Voltage Range		10,2 to 26,4 VDC (ripple < 5%)
Max. Simultaneous Input Points		100% simultaneously ON
ON Voltage / ON Current		$\geq 9,5$ VDC / $\geq 4,0$ mA
OFF Voltage / OFF Current		$\leq 6,0$ VDC / $\leq 1,0$ mA
Input Impedance		Approx. 2,2 k Ω
Response Time	OFF \rightarrow ON	≤ 10 ms
	ON \rightarrow OFF	≤ 10 ms
Common Terminal		8 points / common (COM)
Internal Current Consumption		70 mA
Operating Indicator		LED turns on at ON state of input
External Connections		20-points terminal block

	connector (M3 x 6 screws)
Weight	0,25 kg

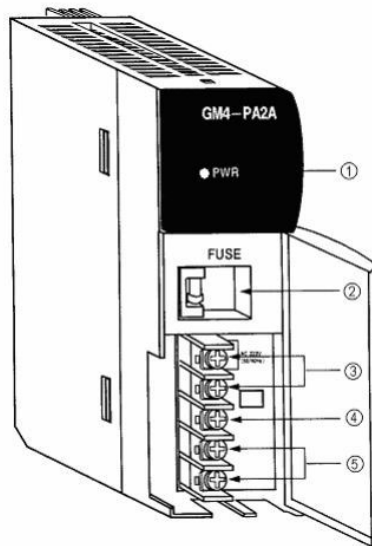
Tabel 2.3 Spesifikasi Modul *Output* PLC Glofa GM4

Model		GM4
Spesifications		G4Q-RY2A
Number of Output Points		16 points
Insulation Method		Photo Coupler
Rated Load Voltage / Current		24 VDC 2A (load resistance) / 1 point, 4 A / 1 COM 220 VAC 2A (COS Ψ = 1)
Min. Load Voltage / Current		5 VDC / 1 mA
Max. Load Voltage / Current		250 VAC, 125 VDC
Off Leaking Current		0,1 mA (220 VAC, 60 Hz)
Max. Switching Frequency		3600 times per hour
Surge Absorber		None
Service Life	Mechanical	≥ 20 million times
	Electrical	Rated Load Voltage / Current 100000 times or more
		200 VAC 1,5 A 240 VAC 1 A (COS Ψ = 0,7) 100000 times or more
		200 VAC 1 A 240 VAC 0,5 A (COS Ψ = 0,35) 100000 times or more
		24 VAC 1,5 A 100 VDC 0,1 A (L/R = 7 ms) 100000 times or more
Response Time	OFF \rightarrow ON	≤ 10 ms
	ON \rightarrow OFF	≤ 12 ms
Common Terminal Arrangement		8 points / common
Internal Current Consumption		100 mA (24 VDC all points ON)
External Power Supply	Voltage	24 VDC \pm 10% (ripple voltage: 4V P-P or less)
	Current	150 mA (24 VDC all points ON)
Operation Indicator		LED turns on at ON state of output

External Connections	20-point terminal block connector (M3 x 6 screws)
Weight	0,31 Kg

➤ *Power Supply* [8]

Power supply menjadi sumber listrik untuk menghidupkan seluruh komponen PLC. Sumber tegangan yang dibutuhkan adalah 220V AC, lalu dikonversi menjadi sumber tegangan DC yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan masing-masing komponen pada PLC.



Gambar 2.24 Power Supply PLC LG Glofa GM4

Tabel 2.4 Keterangan *Power Supply* PLC Glofa GM4

No.	Nama	Keterangan
1.	Power LED	Sebagai indikator power supply 5 VDC
2.	Power Fuse / Fuse Holder	Sebagai tempat sekering input daya AC 3 Ampere
3.	Power Input Terminal	Sebagai penghubung dengan sumber 110 atau 220 VAC

4.	LG Terminal	Sebagai GND dari power supply
5.	24 VDC dan DC24G Terminal	Sebagai penghubung sumber 24 VDC ke modul output agar menjadi internal power supply

2.2.3.3 Benda Kerja

Benda kerja digunakan sebagai bahan yang akan menjalani proses pada modul *factory automatic trainer*. Terdapat tiga jenis benda kerja yang digunakan dan masing-masing memiliki spesifikasi tersendiri. Pada gambar 2.25, terdapat tiga buah benda kerja. Yang pertama adalah benda kerja bagian kiri, memiliki bahan dasar logam dan intensitas cahaya cerah. Benda ini dapat dideteksi oleh ketiga sensor yang ada pada modul *separation*. Yang kedua adalah benda kerja bagian tengah, memiliki bahan dasar plastik dan intensitas cahaya cerah. Benda kedua ini dapat dideteksi dua sensor pada modul *separation*, yaitu *capasitive* sensor dan *photo* sensor. Dan benda kerja terakhir di bagian kanan, memiliki bahan dasar plastik dan intensitas cahaya gelap. Benda terakhir ini hanya dapat dideteksi oleh satu sensor pada modul *separation*, yaitu sensor *capasitive*.



Gambar 2.25 Benda Kerja

Pada tugas akhir ini, benda kerja yang digunakan untuk proses kerja pada modul *factory automatic trainer* adalah benda kerja bagian tengah dan kanan, sedangkan benda kerja bagian kiri tidak digunakan dan dibuang ke kotak pembuangan.

Tabel 2.5 Spesifikasi Benda Kerja

Warna Benda	Bahan Dasar	Ukuran		Deteksi Sensor		
		Diameter	Tinggi	Prox	Pho	Cap
Abu-abu	Logam	4 cm	2,5 cm	✓	✓	✓
Biru	Plastik			-	✓	✓
Hitam	Plastik			-	-	✓

2.3 Metode *Huffman* [9]

Metode *Huffman* merupakan metode klasik yang memiliki tingkat kerumitan tinggi dan digunakan untuk merancang suatu sistem sekuensial pada PLC. Terdapat beberapa prosedur yang harus dilakukan pada metode *Huffman*, yaitu:

1. Membangun *Primitive Flow Table*

Dalam membangun *primitive flow table*, perlu diperhatikan kestabilan dari setiap *state*. Terdapat tiga macam keadaan yaitu stabil yang ditandai dengan angka yang dilingkari seperti '①', tidak stabil yang ditandai angka biasa seperti '1' dan *don't care* yang ditandai dengan tanda '-'.

2. Penggabungan Baris *Flow Table*

Penggabungan baris ini dilakukan untuk menyederhanakan baris pada *primitive flow table* yang telah dibuat sebelumnya. Terdapat dua syarat dalam penggabungan baris, yang pertama *output* dari baris yang akan digabung harus sama. Kedua, kondisi *state* yang akan digabung juga harus dalam urutan yang sama. Apabila kedua syarat ini tidak terpenuhi, maka penggabungan baris *flow table* tidak dapat dilakukan.

3. Penugasan *State*

Selanjutnya akan dilakukan penugasan *state*. Penugasan ini dibuat berdasarkan aturan pada *Set-Reset Flip Flop*. Apabila pada *primitive flow table* memiliki jumlah *state* ganjil, maka jumlah *state* akan dibuat genap dengan cara diberi *state* bantu. Hal ini dilakukan agar proses penurunan fungsi eksitasi dan fungsi *output* dapat dilakukan. *State* bantu diletakkan pada bagian paling bawah dari *state* pertama.

4. Penurunan Fungsi Eksitasi dan Fungsi *Output*

Penurunan fungsi ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *K-Map* (*Karnaugh-Map*) dan disederhanakan dengan aturan *boolean*. Untuk fungsi eksitasi, pengisian *K-Map* berdasarkan pada aturan tabel kebenaran *Set-Reset Flip Flop*. Untuk fungsi *Output*, pengisian *K-Map* berdasarkan logika *output* yang ada pada *primitive flow table*.

5. Penambahan Sinyal *Start*

Menambahkan sinyal *Start* dimaksudkan agar proses *sequence* yang berjalan tidak berulang. Sinyal *Start* diperoleh dari syarat cukup atau syarat perlu yang mempengaruhi *state* awal.

6. Membuat *Ladder Diagram*

BAB III PERANCANGAN DIAGRAM *LADDER*

Dalam pembuatan diagram *ladder* dengan menggunakan metode *Huffman*, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan yang ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Prosedur Pengerjaan Metode *Huffman*

3.1 Perumusan Input dan Output

Untuk memudahkan pemahaman tentang langkah kerja dari proses otomasi pada modul *factory automatic trainer*, maka perlu terlebih dahulu mengetahui semua komponen utama yang terdapat dalam sistemnya, yaitu sensor dan aktuator yang digunakan, serta lokasi peletakan setiap komponen agar mendukung proses otomasi yang diinginkan. Berikut ini akan dijelaskan mengenai tabel *input* dan *output* dari setiap modul yang bekerja pada *factory automatic trainer*.

Tabel 3.1 Daftar *Input Factory Automatic Trainer*

No.	Nama	Simbol	Kegunaan
1.	Tombol Mulai	<i>Start</i>	Untuk memulai keseluruhan proses
2.	Tombol <i>Stop</i>	<i>Stop</i>	Untuk memberhentikan keseluruhan proses
3.	<i>Magazine Sensor</i>	Mag	Mendeteksi ketersediaan benda kerja pada <i>magazine</i>
4.	<i>Photo Sensor</i>	Pho	Untuk mendeteksi benda kerja berdasarkan warna (terang/gelap)

5.	<i>Proximity Sensor</i>	Prox	Untuk mendeteksi benda kerja berdasarkan bahan dasar (logam/tidak)
6.	<i>Capasitive Sensor</i>	Cap	Untuk mendeteksi benda kerja berdasarkan keberadaan (ada/tidak)
7.	<i>Photo Fiber Sensor 1</i>	End_1	Mendeteksi benda kerja di akhir proses pada modul <i>separation</i>
8.	<i>Optical Sensor</i>	Opt	Mendeteksi benda kerja saat sampai dibawah mesin <i>drill</i> pada modul <i>stopper</i>
9.	<i>Photo Fiber Sensor 2</i>	End_2	Mendeteksi benda kerja di akhir proses pada modul <i>stopper</i>
10.	<i>Auto Switch 1</i>	AS_Fin_Forw	Mendeteksi <i>finger cylinder forward</i>
11.	<i>Auto Switch 2</i>	AS_Fin_Back	Mendeteksi <i>finger cylinder backward</i>
12.	<i>Auto Switch 3</i>	AS_Fin_Up	Mendeteksi <i>finger cylinder up</i>
13.	<i>Auto Switch 4</i>	AS_Fin_Down	Mendeteksi <i>finger cylinder down</i>
14.	<i>Auto Switch 5</i>	AS_Fin_Op	Mendeteksi <i>finger cylinder open</i>
15.	<i>Auto Switch 6</i>	AS_Fin_Gr	Mendeteksi <i>finger cylinder grip</i>
16.	<i>Auto Switch 7</i>	AS_Ins	Mendeteksi pneumatik <i>insert</i>
17.	<i>Auto Switch 8</i>	AS_Ins_Ret	Mendeteksi pneumatik <i>insert return</i>
18.	<i>Auto Switch 9</i>	AS_Eje	Mendeteksi pneumatik <i>eject</i>
19.	<i>Auto Switch 10</i>	AS_Eje_Ret	Mendeteksi pneumatik <i>eject return</i>
20.	<i>Auto Switch 11</i>	AS_Stop_Up	Mendeteksi <i>stopper up</i>
21.	<i>Auto Switch 12</i>	AS_Stop_Down	Mendeteksi <i>stopper down</i>
22.	<i>Auto Switch 13</i>	AS_Drl_Up	Mendeteksi <i>drill up</i>
23.	<i>Auto Switch 14</i>	AS_Drl_Down	Mendeteksi <i>drill down</i>

24.	<i>Auto Switch 15</i>	AS_Rot_CCW	Mendeteksi <i>rotary cylinder</i> CCW
25.	<i>Auto Switch 16</i>	AS_Rot_CW	Mendeteksi <i>rotary cylinder</i> CW
26.	<i>Auto Switch 17</i>	AS_Rot_Up	Mendeteksi <i>rotary up</i>
27.	<i>Auto Switch 18</i>	AS_Rot_Down	Mendeteksi <i>rotary down</i>
28.	<i>Auto Switch 19</i>	AS_Vac	Mendeteksi <i>vacuum pad</i>

Tabel 3.2 Daftar Output *Factory Automatic Trainer*

No.	Nama	Simbol	Fungsi
1.	<i>Conveyor 1</i>	Conv_1	Membawa benda kerja pada modul <i>separation</i>
2.	<i>Pneumatik Insert Supply</i>	Ins	Mendorong benda kerja dari <i>magazine</i> ke konveyor
3.	<i>Pneumatik Return Supply</i>	Ins_Ret	Kembali dari keadaan <i>insert</i>
4.	<i>Pneumatik Eject Separation</i>	Eje	Menyeleksi benda kerja yang berwarna abu-abu
5.	<i>Pneumatik Eject Return</i>	Eje_Ret	Kembali dari keadaan <i>eject</i>
6.	<i>Rotary Cylinder CW</i>	Rot_CW	<i>Rotary Cylinder</i> bergerak searah jarum jam
7.	<i>Rotary Cylinder CCW</i>	Rot_CCW	<i>Rotary Cylinder</i> bergerak berlawanan jarum jam
8.	<i>Rotary Cylinder Up</i>	Rot_Up	<i>Rotary Cylinder</i> dalam keadaan <i>standby</i> atau bergerak keatas membawa benda kerja
9.	<i>Rotary Cylinder Down</i>	Rot_Down	<i>Rotary Cylinder</i> melepaskan benda kerja atau bergerak kebawah menuju benda kerja
10.	<i>Vacuum Pad</i>	Vac	Untuk menghisap benda kerja agar menempel pada <i>pad</i> dan dapat dipindahkan
11.	<i>Conveyor 2</i>	Conv_2	Membawa benda kerja pada modul <i>stopper</i>
12.	<i>Drill Up</i>	Drl_Up	Mesin <i>drill</i> bergerak keatas setelah melakukan proses <i>drilling</i> pada benda kerja

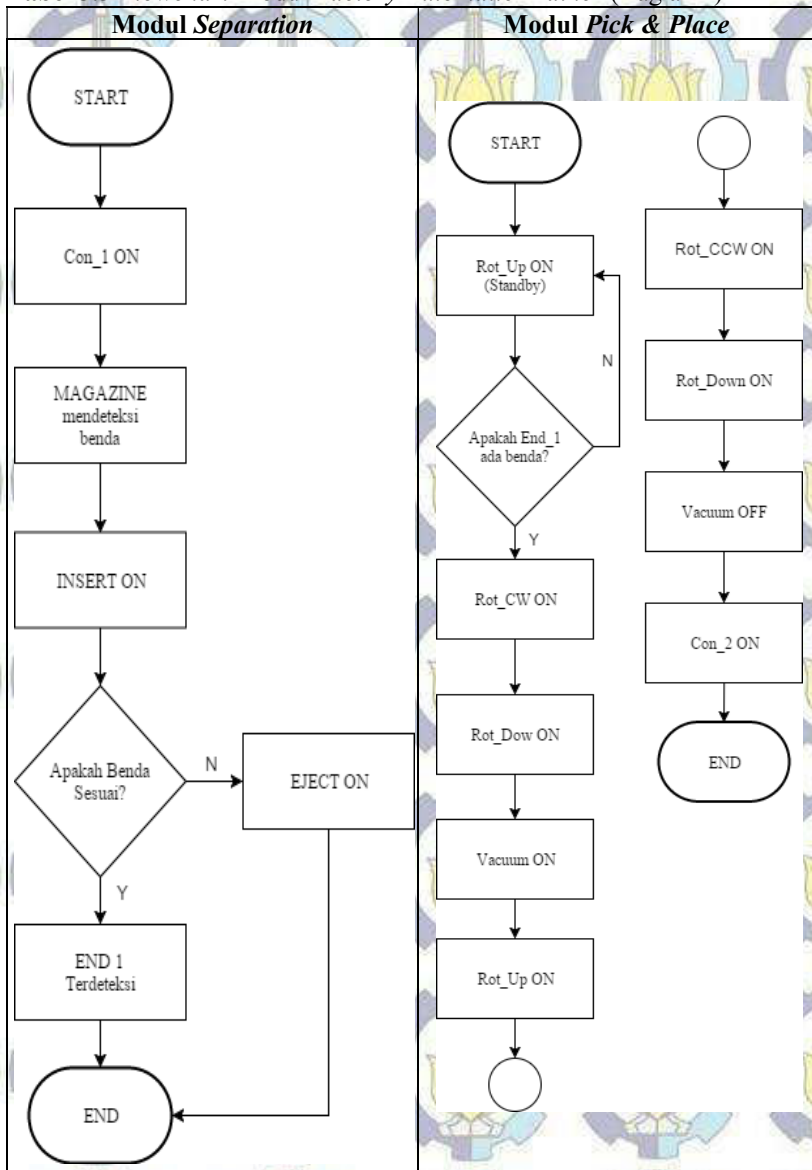
13.	<i>Drill Down</i>	Drl_Down	Mesin <i>drill</i> bergerak kebawah menuju benda kerja
14.	<i>Drill On</i>	Drl_On	Mesin <i>drill</i> bekerja pada benda kerja
15.	<i>Stopper Up</i>	Stop_Up	<i>Stopper</i> bergerak keatas dan membuka jalur untuk benda kerja yang telah diproses oleh mesin <i>drill</i>
16.	<i>Finger Cylinder Forward</i>	Fin_Forw	Gerak <i>finger cylinder</i> menuju ke konveyor 1
17.	<i>Finger Cylinder Backward</i>	Fin_Back	Gerak <i>finger cylinder</i> menuju ke konveyor 2
18.	<i>Finger Cylinder Up</i>	Fin_Up	Gerak <i>finger cylinder</i> vertikal ke atas untuk membawa benda kerja atau dalam kondisi <i>standby</i>
19.	<i>Finger Cylinder Down</i>	Fin_Down	Gerak <i>finger cylinder</i> vertikal ke bawah menuju benda kerja atau akan melepaskan benda kerja
20.	<i>Finger Grip Open</i>	Grip_Open	Gerak <i>finger grip</i> untuk melepaskan benda kerja

3.2 Langkah Kerja Modul *Factory Automatic Trainer*

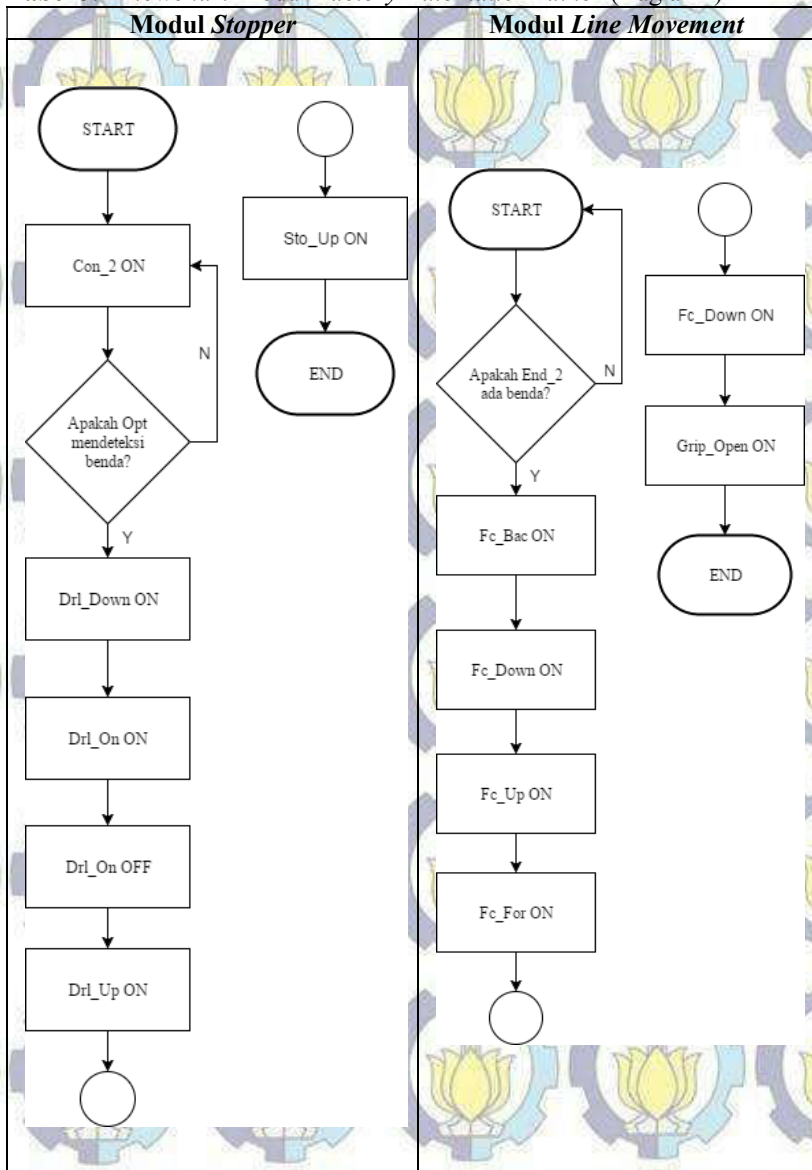
Setelah semua komponen utama yang mendukung proses otomasi pada modul *factory automatic trainer* dipahami, maka selanjutnya akan dilakukan identifikasi aksi (*event*) yang ada dalam keseluruhan proses dari awal pengeluaran benda kerja (*magazine*) pada modul *separation* sampai pemindahan benda kerja yang telah diproses pada modul *line movement*.

Setiap aksi pada masing-masing tahapan atau langkah proses akan dijelaskan dalam bentuk *flowchart*. Langkah proses yang dibuat dibagi menjadi empat bagian sesuai dengan jumlah modul dan syarat yang ada pada setiap tahapan berdasarkan sensor dan aktuator yang terdapat dalam modul *factory automatic trainer*.

Tabel 3.3 Flowchart Modul Factory Automatic Trainer (Bagian 1)



Tabel 3.4 Flowchart Modul *Factory Automatic Trainer* (Bagian 2)



3.3 Perancangan Diagram *Ladder* dengan Metode *Huffman*

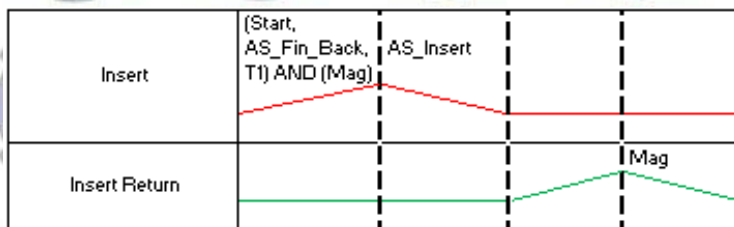
Setelah didapatkan proses sistem yang telah dijelaskan dalam bentuk *flowchart*, maka tahap selanjutnya adalah merancang diagram *ladder*. Diagram *Ladder* diperoleh dari satu atau lebih *sequence* dari aktuator yang saling berhubungan dan diolah sesuai dengan aturan yang telah ditentukan pada metode *Huffman*. Dalam perancangan sistem dengan metode *Huffman* ini, proses dibagi menjadi empat bagian sesuai dengan jumlah modul yang terdapat pada *Factory Automatic Trainer*. Tiap modul memiliki jumlah proses *Huffman* yang berbeda. Proses *Huffman* dilakukan sesuai dengan fungsi dari tiap aktuator yang membangun modul. Modul yang dimaksud adalah *Separation Module*, *Pick & Place Module*, *Stopper Module*, dan *Line Movement Module*.

3.3.1 Perancangan Diagram *Ladder* pada *Separation Module*

Pada modul *Separation*, terdapat empat bagian proses *Huffman*, yaitu bagian I sampai bagian IV. Proses dimulai dari memasukkan benda kerja (*insert*) hingga proses pemilihan benda kerja yang dipilih dan dibuang (*eject*).

3.3.1.1 *Bagian I*

Pada bagian I, benda kerja yang terdapat pada tabung *magazine* akan dikeluarkan oleh aktuator *insert* menuju konveyor dan akan disortir sesuai kebutuhan. Proses pemilihan benda kerja menggunakan bantuan tiga jenis sensor, yaitu sensor *Proximity*, sensor *Capasitive*, dan sensor *Photo*.



Gambar 3.2 *Sequence Chart* Bagian I

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.2.

Tabel 3.5 *Primitive Flow Table* Bagian I

State	(AS Insert)(Mag)				Insert	Insert Return
	00	01	11	10		
Insert ON, Insert Return OFF	-	①	-	2	1	0
Insert OFF, Insert Return OFF	3	-	-	②	0	0
Insert OFF, Insert Return ON	③	1	-	-	0	1

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian I pada modul *Separation*.

Tabel 3.6 Penugasan *State* Bagian I

(AS Insert)(Mag)				Y1	Y2
00	01	11	10		
-	①	-	2	1	0
3	-	-	②	1	1
③	1	-	-	0	1
-	A1	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.7 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian I

S1					R1				
(AS Insert)(Mag)					(AS Insert)(Mag)				
Y1Y2	00	01	11	10	Y1Y2	00	01	11	10
10	-	-	-	-	10	-	0	-	0
11	0	-	-	-	11	1	-	-	0
01	0	0	-	-	01	-	-	-	-
00	-	1	-	-	00	-	0	-	-
Hasil Penyederhanaan K-Map									
$\bar{Y}2$					AS_Insert.Mag				

Switching Function

$$S1 = \overline{Y2} \cdot (\text{Start} + AS_Fin_Back + T1) \cdot Mag$$

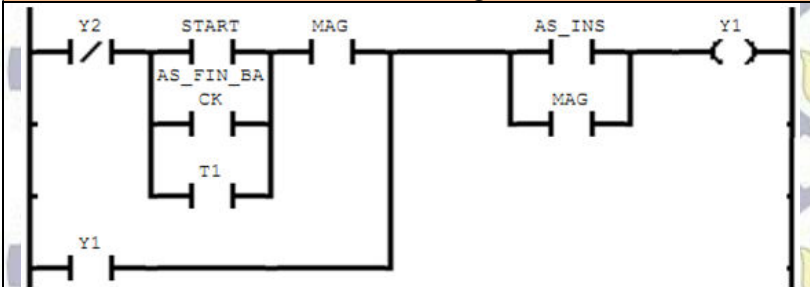
$$R1 = \overline{AS_Insert} \cdot \overline{Mag}$$

Sehingga

$$Y1 = (S1 + Y1) \cdot \overline{R1}$$

$$Y1 = (\overline{Y2} \cdot (\text{Start} + AS_Fin_Back + T1) \cdot Mag + Y1) \cdot (AS_Insert + Mag)$$

Hasil Ladder Diagram



S2

	(AS Insert)(Mag)			
Y1Y2	00	01	11	10
10	-	0	-	1
11	-	-	-	-
01	-	0	-	-
00	-	0	-	-

R2

	(AS Insert)(Mag)			
Y1Y2	00	01	11	10
10	-	-	-	0
11	0	-	-	0
01	0	1	-	-
00	-	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

AS_Insert

Mag

Switching Function

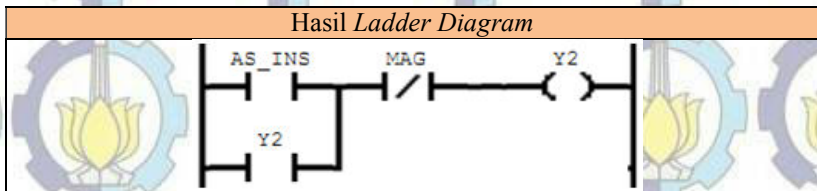
$$S2 = AS_Insert$$

$$R2 = Mag$$

Sehingga

$$Y2 = (S2 + Y2) \cdot \overline{R2}$$

$$Y2 = (AS_Insert + Y2) \cdot \overline{Mag}$$



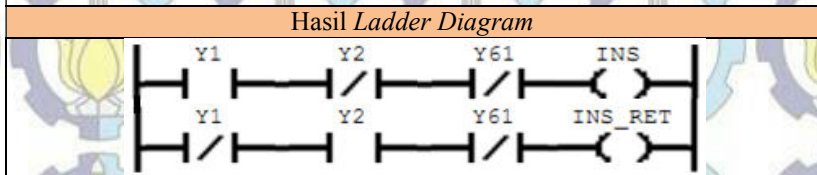
Insert					Insert Return				
(AS Insert)(Mag)					(AS Insert)(Mag)				
Y1Y2	00	01	11	10	Y1Y2	00	01	11	10
10	-	1	-	-	10	-	0	-	-
11	-	-	-	0	11	-	-	-	0
01	0	-	-	-	01	1	-	-	-
00	-	0	-	-	00	-	0	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

$Y1 \cdot Y2$	$\overline{Y1} \cdot Y2$
---------------	--------------------------

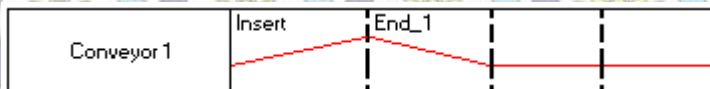
Switching Function

$Insert = Y1 \cdot \overline{Y2}$
 $Insert\ Return = \overline{Y1} \cdot Y2$



3.3.1.2 Bagian II

Pada bagian II, konveyor 1 akan berjalan setelah benda kerja terkena perintah *insert*, untuk selanjutnya dilakukan pemisahan sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Kemudian konveyor akan berhenti setelah benda kerja mencapai ujung konveyor dan sensor *Photo Fiber 1* terdeteksi.



Gambar 3.3 Sequence Chart Bagian II

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.3.

Tabel 3.8 *Primitive Flow Table* Bagian II

State	End 1		Conveyor 1
	0	1	
Conveyor 1 ON	①	2	1
Conveyor 1 OFF	1	②	0

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian II pada modul *Separation*.

Tabel 3.9 Penugasan *State* Bagian II

End 1		Y3	Y16
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.10 Penurunan Fungsi Eksitasi Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian II

S1			R1		
(End_1)			(End_1)		
Y3Y16	0	1	Y3Y16	0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-
Hasil Penyederhanaan K-Map					
Y16			Y16.End_1		

Switching Function

$$S1 = \overline{Y16} \cdot \text{Insert}$$

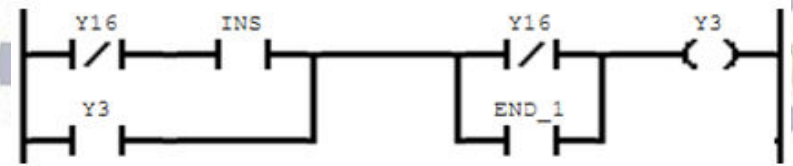
$$R1 = Y16 \cdot \overline{\text{End_1}}$$

Sehingga

$$Y3 = (S1 + Y3) \cdot \overline{R1}$$

$$Y3 = (\overline{Y16} \cdot \text{Insert} + Y3) \cdot (\overline{Y16} + \overline{\text{End_1}})$$

Hasil Ladder Diagram



S2

	(End_1)	
Y3Y16	0	1
10	0	1
11	-	-
01	0	-
00	0	-

R2

	(End_1)	
Y3Y16	0	1
10	-	0
11	0	0
01	1	-
00	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

End_1

Y3

Switching Function

$$S2 = \text{End_1}$$

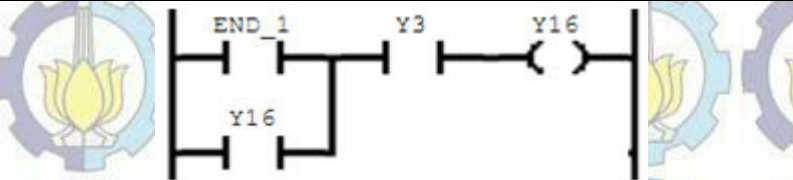
$$R2 = \overline{Y3}$$

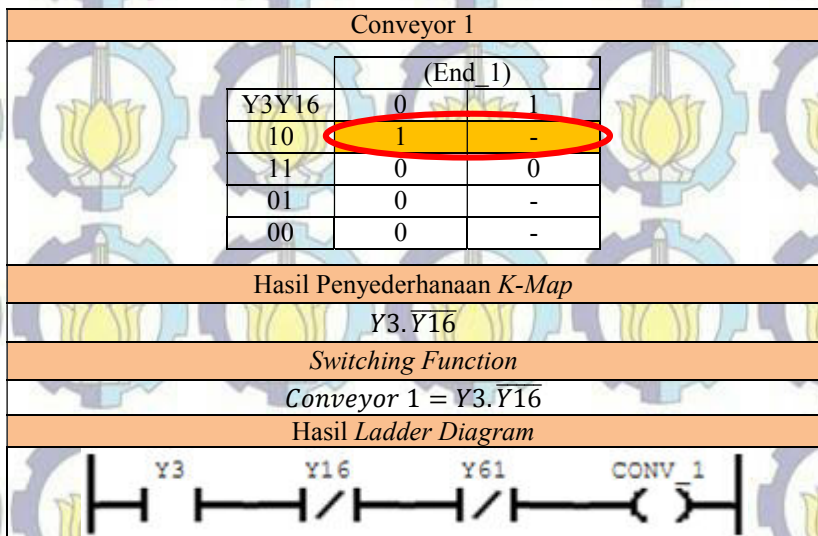
Sehingga

$$Y16 = (S1 + Y16) \cdot \overline{R1}$$

$$Y16 = (\text{End_1} + Y16) \cdot \overline{Y3}$$

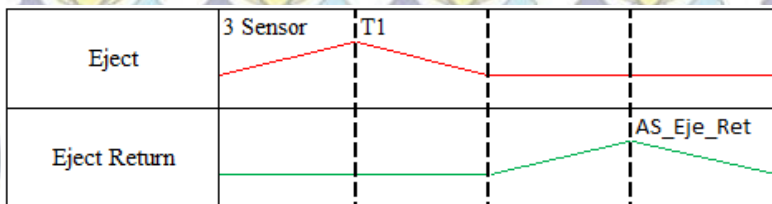
Hasil Ladder Diagram





3.3.1.3 *Bagian III*

Pada bagian III, benda kerja yang tidak sesuai dengan kriteria akan dipisahkan dengan cara didorong ke kotak penampungan. Dorongan dilakukan oleh aktuatur *eject* dan kembali oleh perintah *eject return*.



Gambar 3.4 *Sequence Chart* Bagian III

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.4.

Tabel 3.11 *Primitive Flow Table* Bagian III

State	(T1) (AS Eje Ret)				Eject	Eject Return
	00	01	11	10		
Eject ON, Eject Return OFF	2	①	-	-	1	0
Eject OFF, Eject Return OFF	②	-	-	3	0	0
Eject OFF, Eject Return ON	-	1	-	③	0	1

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian III pada modul *Separation*.

Tabel 3.12 Penugasan *State* Bagian III

(T1) (AS Eje Ret)				Y4	Y5
00	01	11	10		
2	①	-	-	1	0
②	-	-	3	1	1
-	1	-	③	0	1
-	A1	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.13 Penurunan Fungsi Eksitasi Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian III

S1					R1				
Y4Y5	(T1) (AS Eje Ret)				Y4Y5	(T1) (AS Eje Ret)			
	00	01	11	10		00	01	11	10
10	-	-	-	-	10	0	0	-	-
11	-	-	-	0	11	0	-	-	1
01	-	0	-	0	01	-	-	-	-
00	-	1	-	-	00	-	0	-	-
Hasil Penyederhanaan <i>K-Map</i>									
$\bar{Y}5$					T1				

Switching Function

$S1 = \overline{Y5} \cdot 3 \text{ Sensor} = \overline{Y5} \cdot (M1 \cdot M2 \cdot M3)$

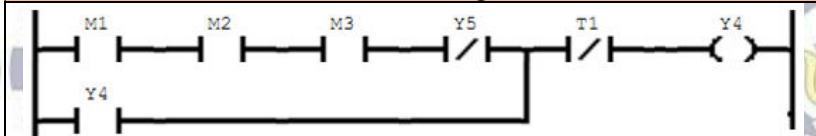
$R1 = T1$

Sehingga

$Y4 = (S1 + Y4) \cdot \overline{R1}$

$Y4 = (\overline{Y5} \cdot (M1 \cdot M2 \cdot M3) + Y4) \cdot \overline{T1}$

Hasil Ladder Diagram



S2

	(T1) (AS Eje Ret)			
Y4Y5	00	01	11	10
10	1	0	-	-
11	-	-	-	0
01	-	0	-	0
00	-	0	-	-

R2

	(T1) (AS Eje Ret)			
Y4Y5	00	01	11	10
10	0	-	-	-
11	0	-	-	0
01	-	1	-	0
00	-	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

$\overline{T1} \cdot \overline{AS_Eje_Ret}$

AS_Eje_Ret

Switching Function

$S2 = \overline{T1} \cdot \overline{AS_Eje_Ret}$

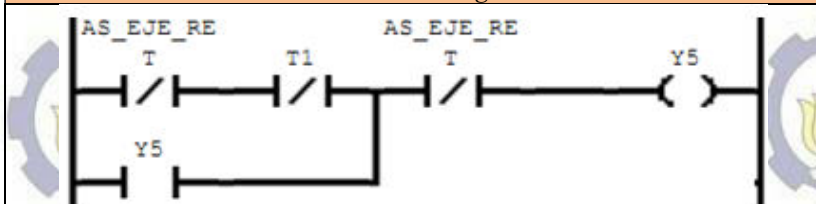
$R2 = AS_Eje_Ret$

Sehingga

$Y5 = (S2 + Y5) \cdot \overline{R2}$

$Y5 = (\overline{T1} \cdot \overline{AS_Eje_Ret} + Y5) \cdot \overline{AS_Eje_Ret}$

Hasil Ladder Diagram



Eject						Eject Return					
Y4Y5	(T1) (AS Eje Ret)					Y4Y5	(T1) (AS Eje Ret)				
	00	01	11	10			00	01	11	10	
10	-	1	-	-		10	-	0	-	-	
11	0	-	-	-		11	0	-	-	-	
01	-	-	-	0		01	-	-	-	1	
00	0	-	-	-		00	0	-	-	-	

Hasil Penyederhanaan K-Map

$Y4 \cdot \overline{Y5}$	$\overline{Y4} \cdot Y5$
--------------------------	--------------------------

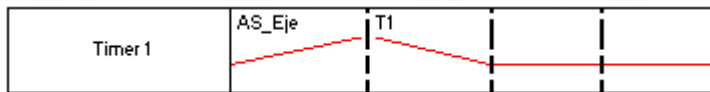
Switching Function

$Eject = Y4 \cdot \overline{Y5}$
 $Eject\ Return = \overline{Y4} \cdot Y5$

Hasil Ladder Diagram

3.3.1.4 Bagian IV

Pada bagian IV, *timer 1* digunakan untuk menjaga agar *Eject* tetap aktif sehingga benda kerja yang ditolak dapat terdorong dan jatuh dari konveyor menuju ke kotak penampungan.



Gambar 3.5 Sequence Chart Bagian IV

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.5.

Tabel 3.14 *Primitive Flow Table* Bagian IV

State	T1		Timer 1
	0	1	
Timer 1 ON	①	2	1
Timer 1 OFF	1	②	0

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian IV pada modul *Separation*.

Tabel 3.15 Penugasan *State* Bagian IV

T1		Y6	Y7
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.16 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian IV

S1			R1		
Y6Y7	(T1)		Y6Y7	(T1)	
	0	1		0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-
Hasil Penyederhanaan <i>K-Map</i>					
$\bar{Y}7$			$Y7.\bar{T}1$		

Switching Function

$$S1 = Y7 \cdot AS_Eje$$

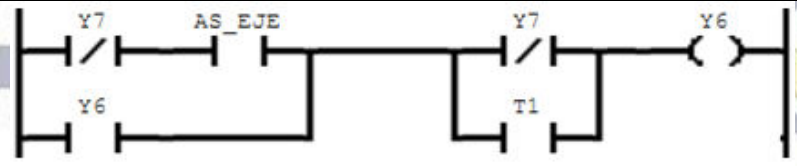
$$R1 = Y7 \cdot T1$$

Sehingga

$$Y6 = (S1 + Y6) \cdot \overline{R1}$$

$$Y6 = (\overline{Y7} \cdot AS_Eje + Y6) \cdot (\overline{Y7} + T1)$$

Hasil Ladder Diagram



S2

	(T1)	
Y6Y7	0	1
10	0	1
11	-	-
01	0	-
00	0	-

R2

	(T1)	
Y6Y7	0	1
10	-	0
11	0	0
01	1	-
00	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

T1

$\overline{Y6}$

Switching Function

$$S2 = T1$$

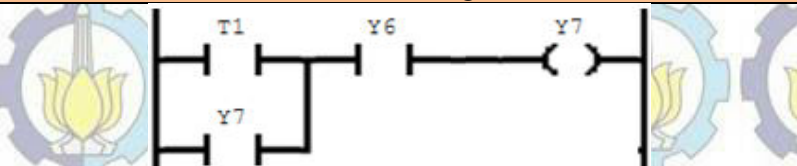
$$R2 = \overline{Y6}$$

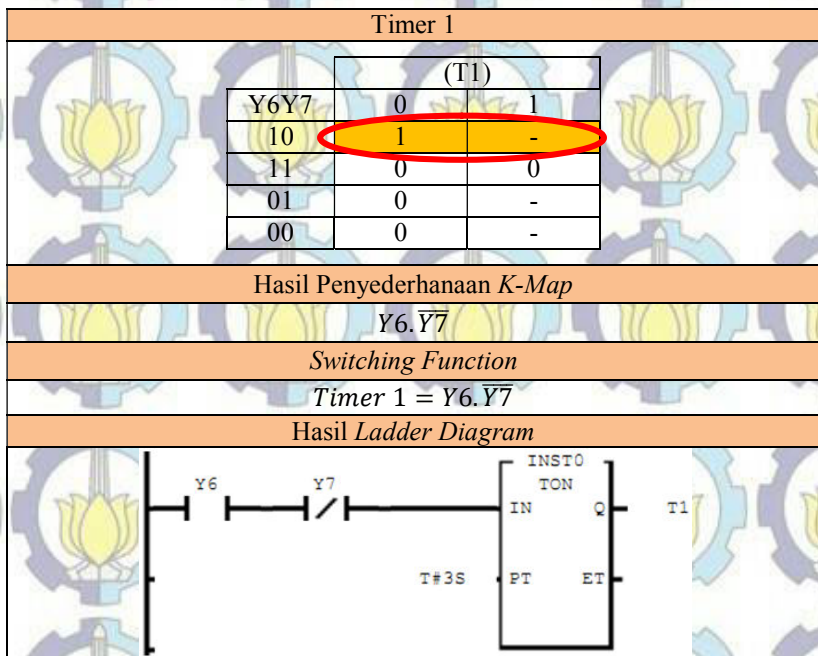
Sehingga

$$Y7 = (S2 + Y7) \cdot \overline{R2}$$

$$Y7 = (T1 + Y7) \cdot Y6$$

Hasil Ladder Diagram



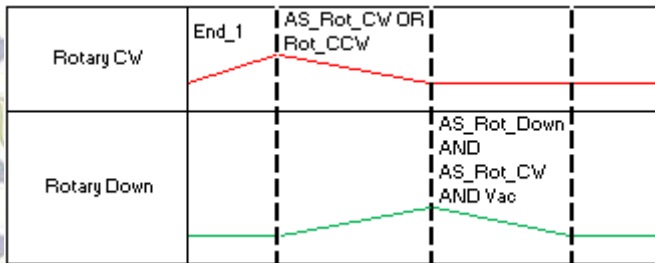


3.3.2 Perancangan Diagram Ladder pada Pick & Place Module

Setelah melewati modul *Separation*, selanjutnya benda kerja yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan akan menuju ke modul *Pick & Place*. Pada modul *Pick & Place* terdapat empat bagian proses *Huffman*, dimulai dari bagian V sampai bagian VIII. Proses yang dijalankan adalah memindahkan benda kerja dari konveyor 1 menuju ke konveyor 2 menggunakan silinder putar (*rotary cylinder*) dan mesin hisap bertekanan (*vacuum*).

3.3.2.1 Bagian V

Pada bagian V ini, benda kerja yang sesuai dengan kriteria akan diambil oleh silinder putar dengan putaran searah jarum jam. Selanjutnya silinder akan turun, lalu ujung silinder yang berupa *pad* akan menempel pada benda untuk bersiap mengaktifkan *vacuum* dan memindahkan benda.



Gambar 3.6 Sequence Chart Bagian V

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.6.

Tabel 3.17 *Primitive Flow Table* Bagian V

State	(A) (B)				Rotary CW	Rotary Down
	00	01	11	10		
Rotary CW ON, Rotary Down OFF	①	-	-	2	1	0
Rotary CW OFF, Rotary Down ON	-	3	-	②	0	1
Rotary CW OFF, Rotary Down OFF	1	③	-	-	0	0

Keterangan:

(A) = (AS_Rot_CW OR Rot_CCW)

(B) = (AS_Rot_Down AND AS_Rot_CW AND Vac)

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian V pada modul *Pick & Place*.

Tabel 3.18 Penugasan *State* Bagian V

(A) (B)				Y8	Y9
00	01	11	10		
①	-	-	2	1	0
-	3	-	②	1	1
1	③	-	-	0	1
A1	-	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.19 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian V

S1					R1						
		(A) (B)						(A) (B)			
Y8Y9		00	01	11	10	Y8Y9		00	01	11	10
10		-	-	-	-	10	0	0	-	-	0
11		-	0	-	-	11	-	-	1	-	0
01		0	0	-	-	01	-	-	-	-	-
00		1	-	-	-	00	0	0	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

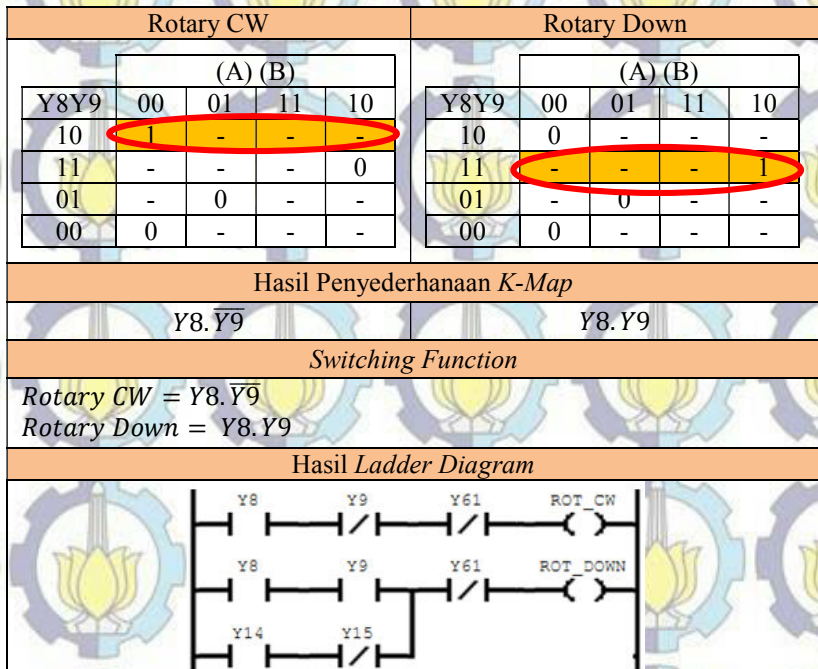
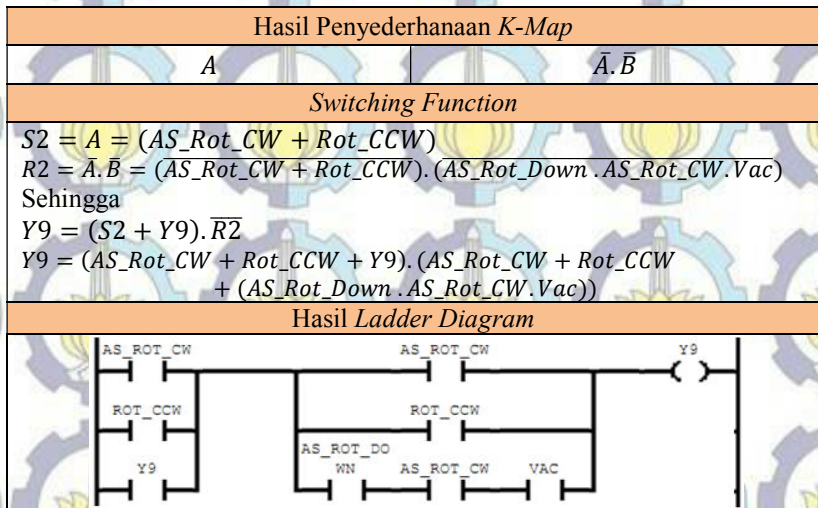
$\overline{Y9}$	B
-----------------	-----

Switching Function

$S1 = \overline{Y9} \cdot \text{End_1}$
 $R1 = B = AS_Rot_Down \cdot AS_Rot_CW \cdot Vac$
Sehingga
 $Y8 = (S1 + Y8) \cdot \overline{R1}$
 $Y8 = (\overline{Y9} \cdot \text{End_1} + Y8) \cdot (\overline{AS_Rot_Down} + \overline{AS_Rot_CW} + \overline{Vac})$

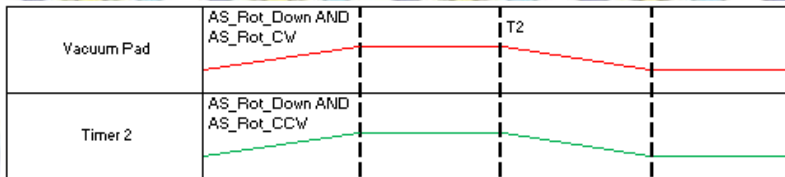
Hasil Ladder Diagram

S2					R2						
		(A) (B)						(A) (B)			
Y8Y9		00	01	11	10	Y8Y9		00	01	11	10
10		0	-	-	1	10		-	-	-	0
11		-	-	-	-	11		-	0	-	0
01		0	-	-	-	01		1	0	-	-
00		0	-	-	-	00		-	-	-	-



3.3.2.2 Bagian VI

Pada bagian VI, benda kerja akan dihisap oleh *vacuum pad* sehingga dapat menempel dan berpindah tempat dari konveyor 1 ke konveyor 2.



Gambar 3.7 Sequence Chart Bagian VI

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.7.

Tabel 3.20 *Primitive Flow Table* Bagian VI

State	T2		Vacuum Pad
	0	1	
Vacuum Pad ON, Timer 2 ON,	①	2	1
Vacuum Pad OFF, Timer 2 OFF	1	②	0

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian VI pada modul *Pick & Place*.

Tabel 3.21 Penugasan *State* Bagian VI

T2		Y10	Y11
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.22 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian VI

S1			R1		
(T2)			(T2)		
Y10Y11	0	1	Y10Y11	0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map	
Y11	Y11.T2

Switching Function

$S1 = \overline{Y11}.AS_Rot_Down.AS_Rot_CW$
 $R1 = Y11.T2$
 Sehingga
 $Y10 = (S1 + Y10).\overline{R1}$
 $Y10 = (\overline{Y11}.AS_Rot_Down.AS_Rot_CW + Y10).(Y11 + T2)$

Hasil Ladder Diagram	

S2			R2		
(T2)			(T2)		
Y10Y11	0	1	Y10Y11	0	1
10	0	1	10	-	0
11	-	-	11	0	0
01	0	-	01	1	-
00	0	-	00	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map	
T2	Y10

Switching Function

$S2 = T2.AS_Rot_Down.AS_Rot_CCW$

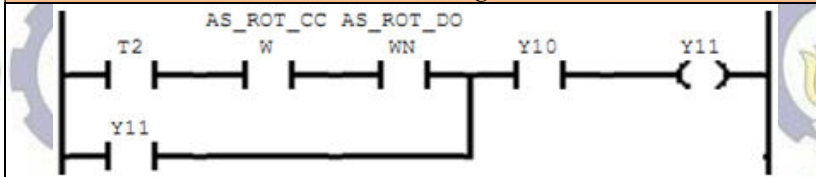
$R2 = \overline{Y10}$

Sehingga

$Y11 = (S2 + Y11). \overline{R2}$

$Y11 = (T2.AS_Rot_Down.AS_Rot_CCW + Y11). Y10$

Hasil Ladder Diagram



Vacuum Pad & Timer 2

	(T2)	
Y10Y11	0	1
10	1	-
11	-	0
01	0	-
00	0	-

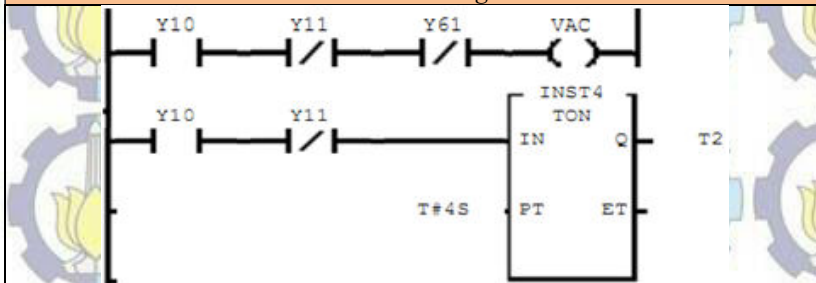
Hasil Penyederhanaan K-Map

$Y10.Y11$

Switching Function

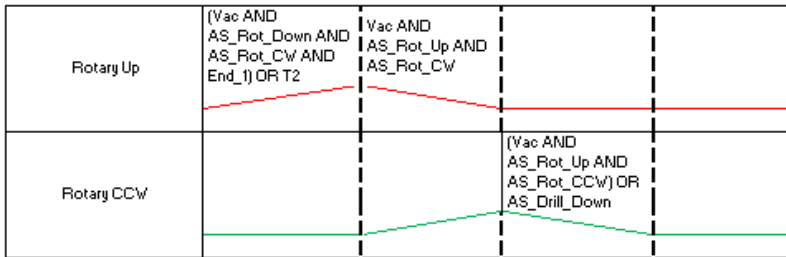
$Vacuum\ Pad = Timer\ 2 = Y10.\overline{Y11}$

Hasil Ladder Diagram



3.3.2.3 *Bagian VII*

Pada bagian VII, silinder putar selanjutnya mengalami gerak naik dan berputar berlawanan arah jarum jam. Pada kondisi ini, *vacuum* tetap dalam keadaan menghisap dan benda menempel serta berpindah tempat.



Gambar 3.8 *Sequence Chart* Bagian VII

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.8.

Tabel 3.23 *Primitive Flow Table* Bagian VII

State	(A) (B)				Rotary Up	Rotary CCW
	00	01	11	10		
Rotary Up ON, Rotary CCW OFF	①	-	-	2	1	0
Rotary Up OFF, Rotary CCW ON	-	3	-	②	0	1
Rotary Up OFF, Rotary CCW OFF	1	③	-	-	0	0

Keterangan:

(A) = (Vac AND AS_Rot_Up AND AS_Rot_CW)

(B) = (Vac AND AS_Rot_Up AND AS_Rot_CCW OR AS_Drill_Down)

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian VII pada modul *Pick & Place*.

Tabel 3.24 Penugasan *State* Bagian VII

(A) (B)				Y12	Y13
00	01	11	10		
①	-	-	2	1	0
-	3	-	②	1	1
1	③	-	-	0	1
A1	-	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.25 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian VII

S1					R1				
	(A) (B)					(A) (B)			
Y12Y13	00	01	11	10	Y12Y13	00	01	11	10
10	-	-	-	-	10	0	-	-	0
11	-	0	-	-	11	-	1	-	0
01	0	0	-	-	01	-	-	-	-
00	1	-	-	-	00	0	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

Y13	B
<i>Switching Function</i>	
$S1 = \overline{Y13} \cdot [(Vac \cdot AS_Rot_Down \cdot AS_Rot_CW \cdot End_1) + T2]$ $R1 = B = (Vac \cdot AS_Rot_Up \cdot AS_Rot_CCW) + AS_Drill_Down$ <p>Sehingga</p> $Y12 = (S1 + Y12) \cdot \overline{R1}$ $Y12 = (\overline{Y13} \cdot (Vac \cdot AS_Rot_Down \cdot AS_Rot_CW \cdot End_1) + T2 + Y12) \cdot (Vac \cdot AS_Rot_Up + AS_Rot_CCW) \cdot \overline{AS_Drill_Down}$	
Hasil Ladder Diagram	

S2					R2						
		(A) (B)						(A) (B)			
Y12Y13	00	01	11	10	Y12Y13	00	01	11	10		
10	0	-	-	1	10	-	-	-	0		
11	-	-	-	-	11	-	0	-	0		
01	0	-	-	-	01	1	0	-	-		
00	0	-	-	-	00	-	-	-	-		

Hasil Penyederhanaan K-Map

A

$\bar{A} \cdot \bar{B}$

Switching Function

$$S2 = A = (Vac.AS_Rot_Up.AS_Rot_CW)$$

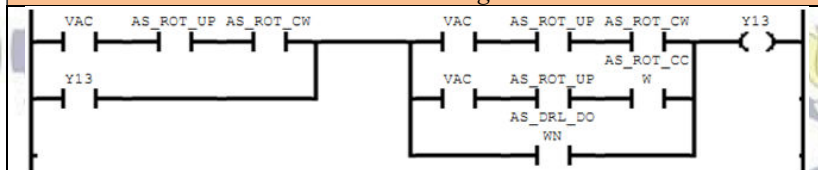
$$R2 = \bar{A} \cdot \bar{B} = ((Vac.AS_Rot_Up.AS_Rot_CCW) + AS_Drill_Down) \cdot (Vac.AS_Rot_Up.AS_Rot_CW)$$

Sehingga

$$Y13 = (S2 + Y13) \cdot \bar{R2}$$

$$Y13 = (Vac.AS_Rot_Up.AS_Rot_CW + Y13) \cdot (Vac.AS_Rot_Up.AS_Rot_CW) + (Vac.AS_Rot_Up.AS_Rot_CCW) + AS_Drill_Down$$

Hasil Ladder Diagram



Rotary Up					Rotary CCW						
		(A) (B)						(A) (B)			
Y12Y13	00	01	11	10	Y12Y13	00	01	11	10		
10	1	-	-	-	10	0	-	-	-		
11	-	-	-	0	11	-	-	-	1		
01	-	0	-	-	01	-	0	-	-		
00	0	-	-	-	00	0	-	-	-		

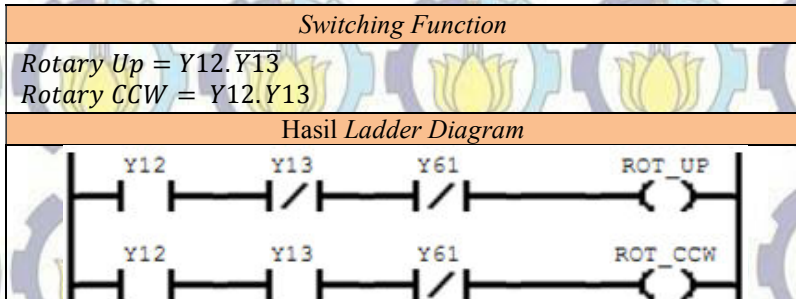
Hasil Penyederhanaan *K-Map*

Y12. $\overline{Y13}$	Y12. Y13
-----------------------	----------

Hasil Penyederhanaan K-Map

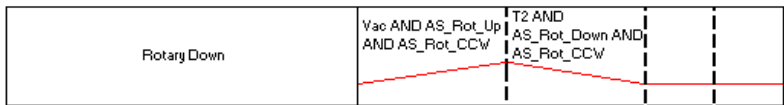
Y12.Y13

Y12.Y13



3.3.2.4 *Bagian VIII*

Pada bagian VIII, silinder kerja mengalami gerak turun dan *vacuum* melepaskan benda kerja diatas konveyor 2. Selanjutnya, silinder putar akan kembali bergerak naik dan menuju kondisi *standby*.



Gambar 3.9 *Sequence Chart* Bagian VIII

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.9.

Tabel 3.26 *Primitive Flow Table* Bagian VIII

State	(A)		Rotary Down
	0	1	
Rotary Down ON	①	2	1
Rotary Down OFF	1	②	0

Keterangan: (A) = $T2\ AND\ AS_Rot_Down\ AND\ AS_Rot_CCW$

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian VIII pada modul *Pick & Place*.

Tabel 3.27 Penugasan *State* Bagian VIII

(A)		Y14	Y15
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.28 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian VIII

S1			R1		
		(A)			(A)
Y14Y15	0	1	Y14Y15	0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map		
Y15		Y15. \bar{A}
Switching Function		
$S1 = \bar{Y15}.Vac.AS_Rot_Up.AS_Rot_CCW$ $R1 = Y15.\bar{A}$ Sehingga $Y14 = (S1 + Y14).\bar{R1}$ $Y14 = (\bar{Y15}.Vac.AS_Rot_Up.AS_Rot_CCW + Y14).(\bar{Y15} + (T2.AS_Rot_Down.AS_Rot_CCW))$		
Hasil Ladder Diagram		

S2			R2		
		(A)			(A)
Y14Y15			Y14Y15		
10	0	1	10	-	0
11	-	-	11	0	0
01	0	-	01	1	-
00	0	-	00	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

A

$\bar{Y}14$

Switching Function

$S2 = A = T2.AS_Rot_Down.AS_Rot_CCW$

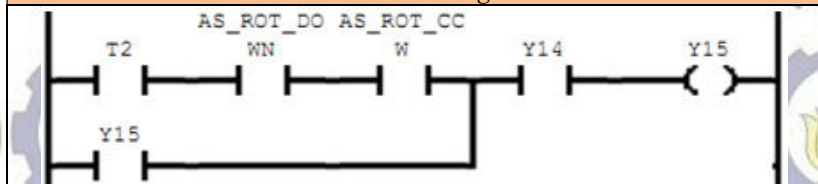
$R2 = \bar{Y}14$

Sehingga

$Y15 = (S2 + Y15).R2$

$Y15 = (T2.AS_Rot_Down.AS_Rot_CCW + Y15).Y14$

Hasil Ladder Diagram



Rotary Down

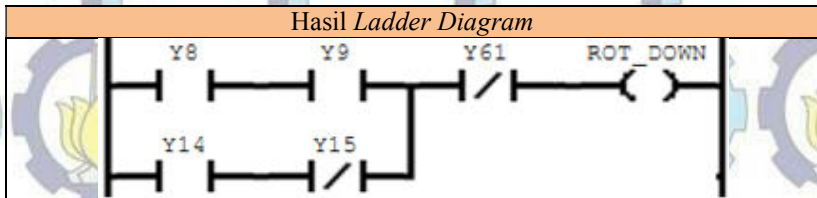
		(A)
Y14Y15		
10	1	-
11	-	0
01	0	-
00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

$Y14.\bar{Y}15$

Switching Function

Rotary Down = $Y14.\bar{Y}15$

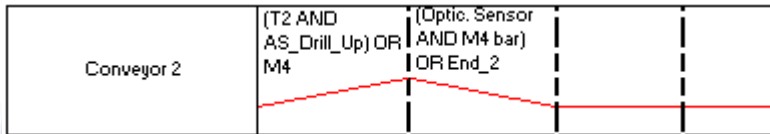


3.3.3 Perancangan Diagram Ladder pada Stopper Module

Benda kerja yang telah dipindahkan pada modul *Pick & Place* selanjutnya akan menuju modul *Stopper*. Pada modul *Stopper*, terdapat lima bagian proses *Huffman*, dimulai dari bagian IX sampai bagian XIII. Benda kerja akan diproses dengan mesin *drill* selama beberapa saat.

3.3.3.1 Bagian IX

Pada bagian IX, setelah benda kerja dilepaskan oleh *vacuum pad*, maka selanjutnya konveyor 2 akan aktif. Konveyor 2 akan mengantarkan benda kerja menuju ke proses *drill*.



Gambar 3.10 Sequence Chart Bagian IX

a. Pembuatan Primitive Flow Table

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.10.

Tabel 3.29 Primitive Flow Table Bagian IX

State	(A)		Conveyor 2
	0	1	
Conveyor 2 ON	①	2	1
Conveyor 2 OFF	1	②	0

Keterangan: (A) = (Optical Sensor AND M4) OR End_2

b. Penugasan State

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian IX pada modul *Stopper*.

Tabel 3.30 Penugasan *State* Bagian IX

(A)		Y17	Y18
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.31 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian IX

S1			R1		
		(A)			(A)
Y17Y18	0	1	Y17Y18	0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map		
Y18		Y18. \bar{A}
Switching Function		
$S1 = Y18. (T2. AS_Drill_Up) + M4$ $R1 = Y18. \bar{A}$ Sehingga $Y17 = (S1 + Y17). \bar{R1}$ $Y17 = (Y18. (T2. AS_Drill_Up) + M4 + Y17). (Y18 + (Optical\ Sensor. M4) + End_2)$		
Hasil Ladder Diagram		

S2			R2		
(A)			(A)		
Y17Y18	0	1	Y17Y18	0	1
10	0	1	10	-	0
11	-	-	11	0	0
01	0	-	01	1	-
00	0	-	00	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

A

Y17

Switching Function

$$S2 = A = (\text{Optical Sensor} \cdot \overline{M4}) + \text{End}_2$$

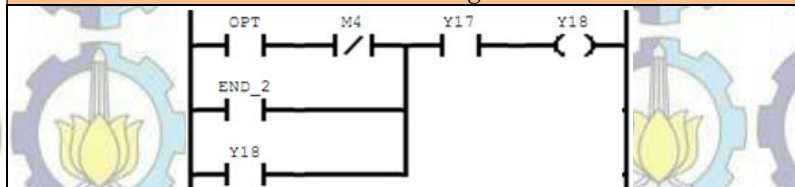
$$R2 = \overline{Y17}$$

Sehingga

$$Y18 = (S2 + Y18) \cdot \overline{R2}$$

$$Y18 = ((\text{Optical Sensor} \cdot \overline{M4}) + \text{End}_2 + Y18) \cdot Y17$$

Hasil Ladder Diagram



Conveyor 2

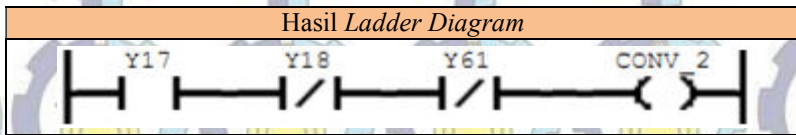
(A)		
Y17Y18	0	1
10	1	-
11	-	0
01	0	-
00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

Y17.Y18

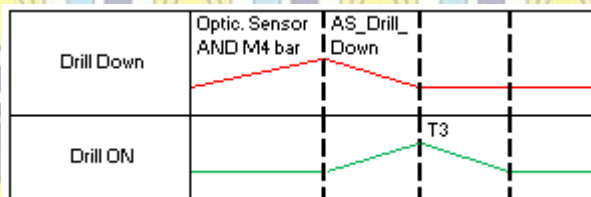
Switching Function

$$\text{Conveyor 2} = Y17 \cdot \overline{Y18}$$



3.3.3.2 Bagian X

Pada bagian X, benda kerja akan sampai di *work point* lalu mesin *drill* bergerak turun dan aktif berputar melakukan gerakan *drilling* terhadap benda kerja. Proses *drilling* berlangsung selama beberapa saat.



Gambar 3.11 Sequence Chart Bagian X

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.11.

Tabel 3.32 *Primitive Flow Table* Bagian X

State	(AS Drill Down)(T3)				Drill Down	Drill On
	00	01	11	10		
Drill Down ON, Drill On OFF	①	-	-	2	1	0
Drill Down OFF, Drill On ON	-	3	-	②	0	1
Drill Down OFF, Drill On OFF	1	③	-	-	0	0

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian X pada modul *Stopper*.

Tabel 3.33 Penugasan *State* Bagian X

(AS Drill Down)(T3)				Y19	Y20
00	01	11	10		
①	-	-	2	1	0
-	3	-	②	1	1
1	③	-	-	0	1
A1	-	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.34 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian X

S1					R1				
(AS Drill Down)(T3)					(AS Drill Down)(T3)				
Y19Y20	00	01	11	10	Y19Y20	00	01	11	10
10	-	-	-	-	10	0	-	-	0
11	-	0	-	-	11	-	1	-	0
01	0	0	-	-	01	-	-	-	-
00	1	-	-	-	00	0	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map									
Y20					T3				
Switching Function									
$S1 = \overline{Y20} \cdot \text{Optic Sensor} \cdot \overline{M4}$ $R1 = T3$ Sehingga $Y19 = (S1 + Y19) \cdot \overline{R1}$ $Y19 = (\overline{Y20} \cdot \text{Optic Sensor} \cdot \overline{M4} + Y19) \cdot \overline{T3}$									
Hasil Ladder Diagram									

S2					R2				
Y19Y20	(AS Drill Down)(T3)				Y19Y20	(AS Drill Down)(T3)			
	00	01	11	10		00	01	11	10
10	0	-	-	1	10	-	-	-	0
11	-	-	-	-	11	-	0	-	0
01	0	-	-	-	01	1	0	-	-
00	0	-	-	-	00	-	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

AS_Drill_Down

$AS_Drill_Down.T3$

Switching Function

$S2 = AS_Drill_Down$

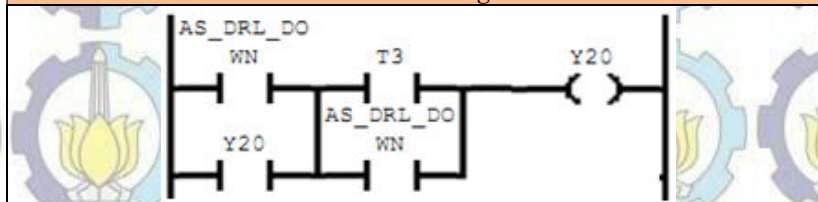
$R2 = AS_Drill_Down.T3$

Sehingga

$Y20 = (S2 + Y20).R2$

$Y20 = (AS_Drill_Down + Y20).(AS_Drill_Down + T3)$

Hasil Ladder Diagram

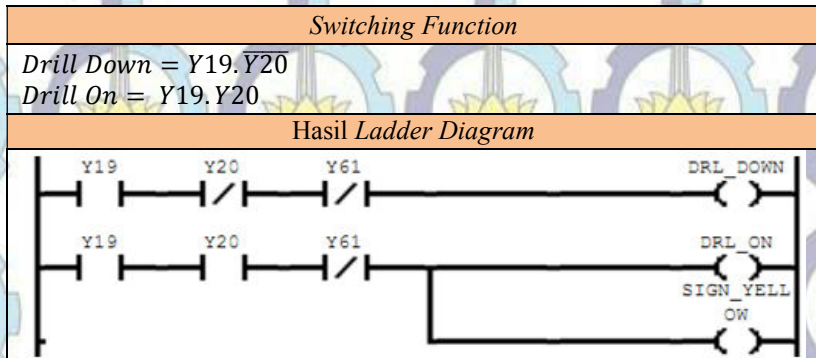


Drill Down					Drill On				
Y19Y20	(AS Drill Down)(T3)				Y19Y20	(AS Drill Down)(T3)			
	00	01	11	10		00	01	11	10
10	1	-	-	-	10	0	-	-	-
11	-	-	-	0	11	-	-	-	1
01	-	0	-	-	01	-	0	-	-
00	0	-	-	-	00	0	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

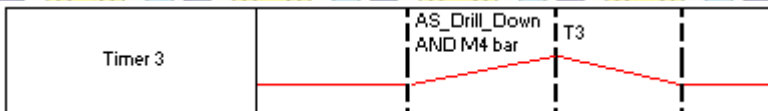
$Y19.Y20$

$Y19.Y20$



3.3.3.3 Bagian XI

Pada bagian XI, *timer 3* akan aktif dan menjaga mesin *drilling* agar tetap bekerja selama beberapa detik.



Gambar 3.12 Sequence Chart Bagian XI

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.12.

Tabel 3.35 *Primitive Flow Table* Bagian XI

State	T3		Timer 3
	0	1	
Timer 3 ON	①	2	1
Timer 3 OFF	1	②	0

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XI pada modul *Stopper*.

Tabel 3.36 Penugasan *State* Bagian XI

T3		Y21	Y22
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.37 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XI

S1			R1		
	(T3)			(T3)	
Y21Y22	0	1	Y21Y22	0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

$\overline{Y22}$

$Y22.\overline{T3}$

Switching Function

$S1 = \overline{Y22}.AS_Drill_Down.M4$
 $R1 = Y22.\overline{T3}$

Sehingga

$Y21 = (S1 + Y21).\overline{R1}$
 $Y21 = (\overline{Y22}.AS_Drill_Down.\overline{M4} + Y21).(\overline{Y22} + T3)$

Hasil Ladder Diagram

S2			R2		
	(T3)			(T3)	
Y21Y22	0	1	Y21Y22	0	1
10	0	1	10	-	0
11	-	-	11	0	0
01	0	-	01	1	-
00	0	-	00	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

T3

Y21

Switching Function

$$S2 = T3$$

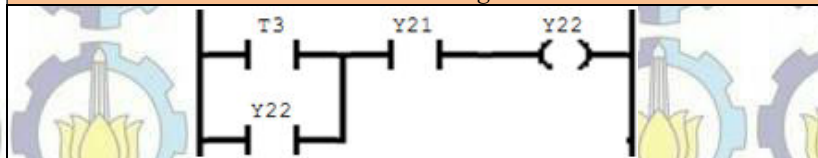
$$R2 = \overline{Y21}$$

Sehingga

$$Y22 = (S2 + Y22) \cdot \overline{R2}$$

$$Y22 = (T3 + Y22) \cdot Y21$$

Hasil Ladder Diagram



Timer 3

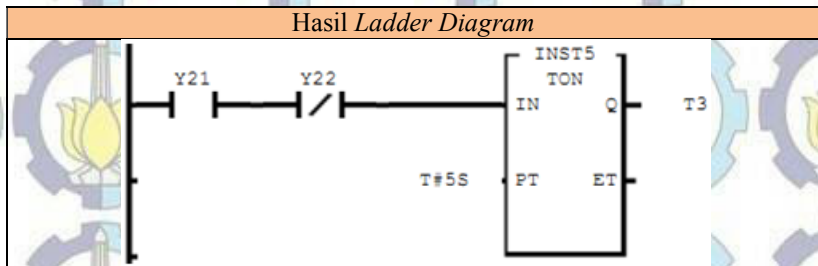
	(T3)	
Y21Y22	0	1
10	1	-
11	0	0
01	0	-
00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

$$Y21 \cdot \overline{Y22}$$

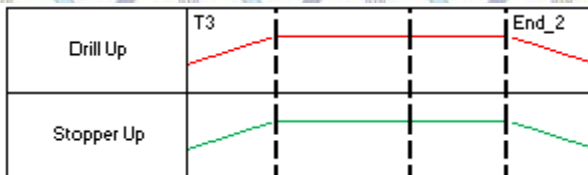
Switching Function

$$\text{Timer 3} = Y21 \cdot \overline{Y22}$$



3.3.3.4 *Bagian XII*

Pada bagian XII, setelah proses *drilling* selesai, maka mesin *drill* akan bergerak naik ke posisi *standby*. Bersamaan dengan itu, aktuatur *stopper* juga bergerak naik dan membuka jalur untuk benda kerja agar dapat bergerak menuju modul selanjutnya.



Gambar 3.13 *Sequence Chart* Bagian XII

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.13.

Tabel 3.38 *Primitive Flow Table* Bagian XII

State	End 2		Drill Up, Stopper Up
	0	1	
Drill Up ON, Stopper Up ON	①	2	1
Drill Up OFF, Stopper Up OFF	1	②	0

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XII pada modul *Stopper*.

Tabel 3.39 Penugasan *State* Bagian XII

End 2		Y23	Y24
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.40 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XII

S1			R1		
(End 2)			(End 2)		
Y23Y24	0	1	Y23Y24	0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map	
Y24	Y24. End_2

Switching Function	
$S1 = Y24. \textcolor{red}{T3}$ $R1 = Y24. \overline{\text{End_2}}$ Sehingga $Y23 = (S1 + Y23). \overline{R1}$ $Y23 = (\overline{Y24. \textcolor{red}{T3}} + Y23). (\overline{Y24} + \text{End_2})$	

Hasil Ladder Diagram	

S2			R2		
(End 2)			(End 2)		
Y23Y24	0	1	Y23Y24	0	1
10	0	1	10	-	0
11	-	-	11	0	0
01	0	-	01	1	-
00	0	-	00	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

End_2

Y23

Switching Function

$$S2 = \text{End_2}$$

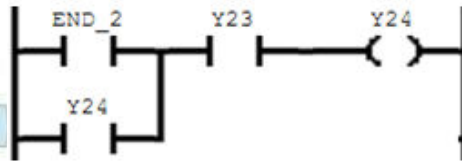
$$R2 = \overline{Y23}$$

Sehingga

$$Y24 = (S2 + Y24) \cdot \overline{R2}$$

$$Y24 = (\text{End_2} + Y24) \cdot Y23$$

Hasil Ladder Diagram



Drill Up & Stopper Up

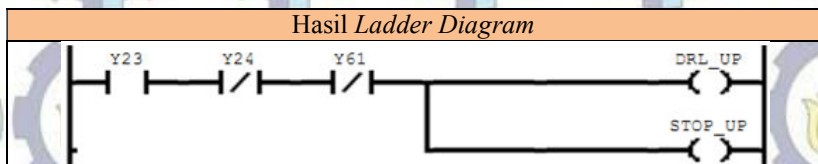
(End 2)		
Y23Y24	0	1
10	1	-
11	-	0
01	0	-
00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

Y23.Y24

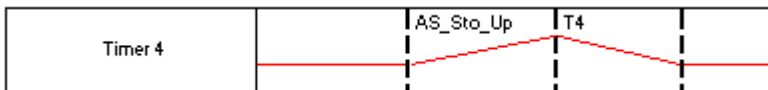
Switching Function

$$\text{Drill Up} = \text{Stopper Up} = Y23 \cdot Y24$$



3.3.3.5 *Bagian XIII*

Pada bagian XIII, *timer 4* akan aktif untuk menjaga aktuator *stopper* agar dapat membuka selama beberapa saat. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan waktu pada benda kerja agar dapat melewati modul *stopper*.



Gambar 3.14 *Sequence Chart* Bagian XIII

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.14.

Tabel 3.41 *Primitive Flow Table* Bagian XI

State	T4		Timer 4
	0	1	
Timer 4 ON	①	2	1
Timer 4 OFF	1	②	0

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XIII pada modul *Stopper*.

Tabel 3.42 Penugasan *State* Bagian XIII

T4		Y25	Y26
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.43 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XII

S1			R1		
(T4)			(T4)		
Y25Y26	0	1	Y25Y26	0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map					
$\overline{Y26}$			$Y26.\overline{T4}$		
Switching Function					
$S1 = \overline{Y26}.AS_Sto_Up$					
$R1 = Y26.\overline{T4}$					
Sehingga					
$Y25 = (S1 + Y25).\overline{R1}$					
$Y25 = (\overline{Y26}.AS_Sto_Up + Y25).(\overline{Y26} + T4)$					
Hasil Ladder Diagram					
S2			R2		
(T4)			(T4)		
Y25Y26	0	1	Y25Y26	0	1
10	0	1	10	-	0
11	-	-	11	0	0
01	0	-	01	1	-
00	0	-	00	-	-
Hasil Penyederhanaan K-Map					
$T4$			$\overline{Y25}$		

Switching Function

$$S2 = T4$$

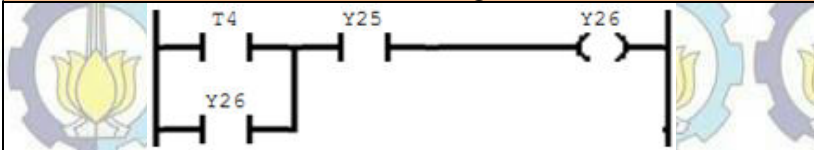
$$R2 = \overline{Y25}$$

Sehingga

$$Y26 = (S2 + Y26) \cdot \overline{R2}$$

$$Y26 = (T4 + Y26) \cdot Y25$$

Hasil Ladder Diagram



Timer 4

	(T4)	
Y25Y26	0	1
10	1	-
11	0	0
01	0	-
00	0	-

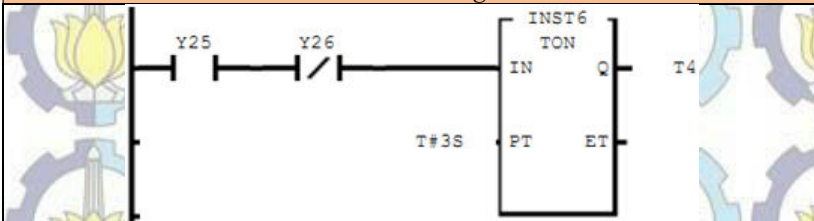
Hasil Penyederhanaan K-Map

$$Y25 \cdot Y26$$

Switching Function

$$\text{Timer 4} = Y25 \cdot Y26$$

Hasil Ladder Diagram

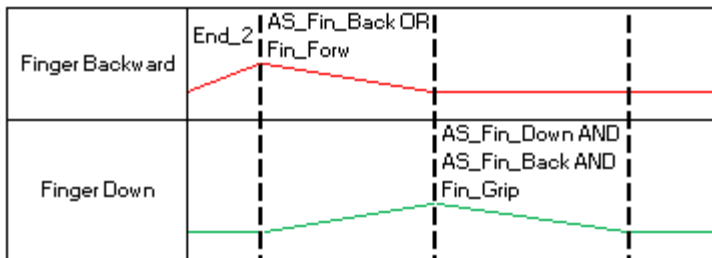


3.3.4 Perancangan Diagram *Ladder* pada *Line Movement Module* (Bagian 1)

Untuk benda kerja yang warna hitam, selanjutnya akan dipindahkan ke tempat penampungan sementara dengan bantuan silinder jari (*finger cylinder*). Untuk memenuhi tahap akhir ini, maka modul *Line Movement* akan aktif dan memindahkan benda kerja. Pada modul ini, terdapat empat bagian proses *Huffman*, dimulai dari bagian XIV sampai bagian XVII.

3.3.4.1 *Bagian XIV*

Pada bagian XIV, benda kerja yang telah sampai diujung konveyor 2 selanjutnya akan dipindahkan ke tempat penampungan dengan menggunakan bantuan silinder jari (*finger cylinder*). Silinder jari dari keadaan *standby (forward)* akan bergerak menuju benda kerja (*backward*) lalu turun untuk bersiap menjepit benda kerja.



Gambar 3.15 *Sequence Chart* Bagian XIV

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.15.

Tabel 3.44 *Primitive Flow Table* Bagian XIV

State	(A) (B)				Finger Backward	Finger Down
	00	01	11	10		
Finger Backward ON, Finger Down OFF	①	-	-	2	1	0
Finger Backward OFF, Finger Down ON	-	3	-	②	0	1
Finger Backward OFF, Finger Down OFF	1	③	-	-	0	0

Keterangan:

(A) = (AS_Fin_Back OR Fin_Forw)

(B) = (AS_Fin_Down AND AS_Fin_Back AND Fin_Grip)

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XIV pada modul *Line Movement*.

Tabel 3.45 Penugasan *State* Bagian XIV

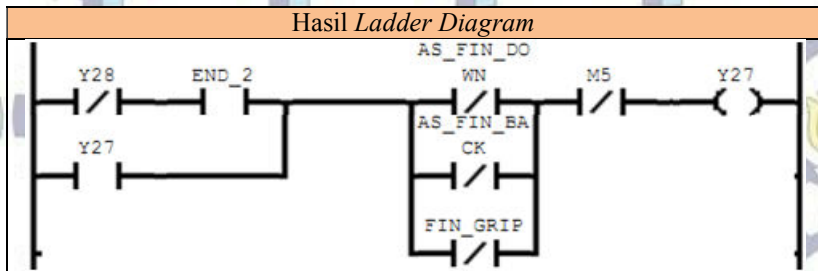
(A) (B)				Y27	Y28
00	01	11	10		
①	-	-	2	1	0
-	3	-	②	1	1
1	③	-	-	0	1
A1	-	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.46 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XIV

S1					R1					
		(A) (B)						(A) (B)		
Y27Y28	00	01	11	10	Y27Y28	00	01	11	10	
10	-	-	-	-	10	0	-	-	0	
11	-	0	-	-	11	-	1	-	0	
01	0	0	-	-	01	-	-	-	-	
00	1	-	-	-	00	0	-	-	-	

Hasil Penyederhanaan K-Map									
$\overline{Y28}$					B				
Switching Function									
$S1 = \overline{Y28}.$ **End 2**									
$R1 = B = AS_Fin_Down . AS_Fin_Back . Fin_Grip$									
Sehingga									
$Y27 = (S1 + Y27) . \overline{R1}$									
$Y27 = (Y28.$ **End 2** $+ Y27) . (\overline{AS_Fin_Down} + \overline{AS_Fin_Back}$									
$+ \overline{Fin_Grip})$									



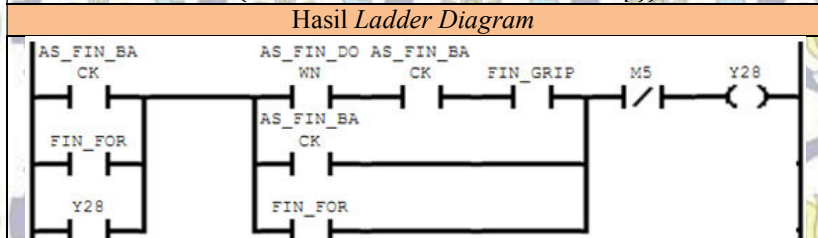
S2						R2					
		(A) (B)						(A) (B)			
Y27Y28	00	01	11	10		Y27Y28	00	01	11	10	
10	0	-	-	1		10	-	-	-	0	
11	-	-	-	-		11	-	0	-	0	
01	0	-	-	-		01	1	0	-	-	
00	0	-	-	-		00	-	-	-	-	

Hasil Penyederhanaan K-Map

A	$\bar{A}.\bar{B}$
-----	-------------------

Switching Function

$S2 = A = (AS_Fin_Back + Fin_Forw)$
 $R2 = \bar{A}.\bar{B}$
 $= (AS_Fin_Back + Fin_Forw). (AS_Fin_Down . AS_Fin_Back . Fin_Grip)$
 Sehingga
 $Y28 = (S2 + Y28). \bar{R2}$
 $Y28 = (AS_Fin_Back + Fin_Forw + Y28). (AS_Fin_Back + Fin_Forw + (AS_Fin_Down . AS_Fin_Back . Fin_Grip))$



Finger Backward					Finger Down				
Y27Y28	(A) (B)				Y27Y28	(A) (B)			
	00	01	11	10		00	01	11	10
10	1	-	-	-	10	0	-	-	-
11	-	-	-	0	11	-	-	-	1
01	-	0	-	-	01	-	0	-	-
00	0	-	-	-	00	0	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

Y27.Y28

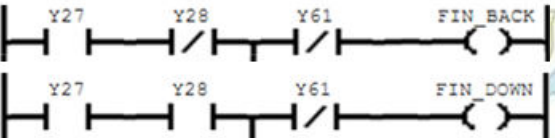
Y27.Y28

Switching Function

Finger Backward = $Y27.\overline{Y28}$

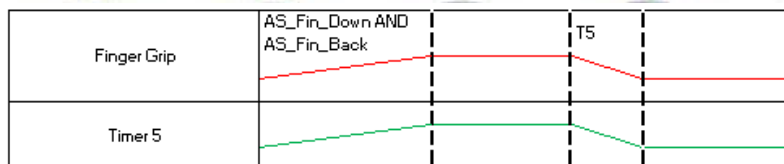
Finger Down = $Y27.Y28$

Hasil Ladder Diagram



3.3.4.2 Bagian XV

Pada bagian XV, silinder jari akan menjepit benda kerja untuk selanjutnya dipindahkan ke tempat penyimpanan bagian akhir. Masa aktif darienggaman silinder jari dipengaruhi oleh *timer 5*.



Gambar 3.16 Sequence Chart Bagian XV

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.16.

Tabel 3.47 *Primitive Flow Table* Bagian XV

State	T5		Finger Grip
	0	1	
Finger Grip ON, Timer 5 ON	①	2	1
Finger Grip OFF, Timer 5 OFF	1	②	0

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XV pada modul *Line Movement*.

Tabel 3.48 Penugasan *State* Bagian XV

T5		Y29	Y30
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.49 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XV

S1			R1		
Y29Y30	(T5)		Y29Y30	(T5)	
	0	1		0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-
Hasil Penyederhanaan <i>K-Map</i>					
$\overline{Y30}$			$Y30.\overline{T5}$		

Switching Function

$$S1 = Y30 \cdot AS_Fin_Down \cdot AS_Fin_Back$$

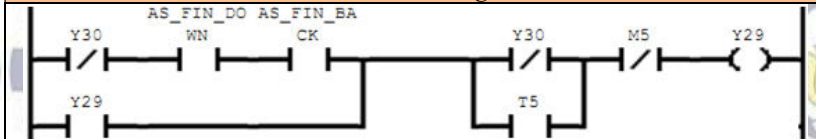
$$R1 = Y30 \cdot T5$$

Sehingga

$$Y29 = (S1 + Y29) \cdot \overline{R1}$$

$$Y29 = (\overline{Y30} \cdot AS_Fin_Down \cdot AS_Fin_Back + Y29) \cdot (\overline{Y30} + T5)$$

Hasil Ladder Diagram



S2

	(T5)	
Y29Y30	0	1
10	0	1
11	-	-
01	0	-
00	0	-

R2

	(T5)	
Y29Y30	0	1
10	-	0
11	0	0
01	1	-
00	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

T5

Y29

Switching Function

$$S2 = T5$$

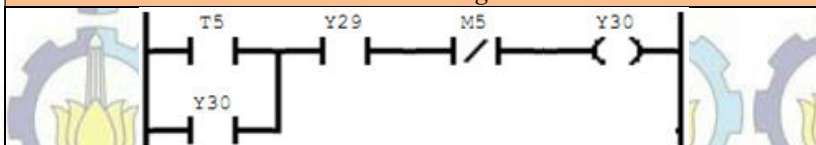
$$R2 = Y29$$

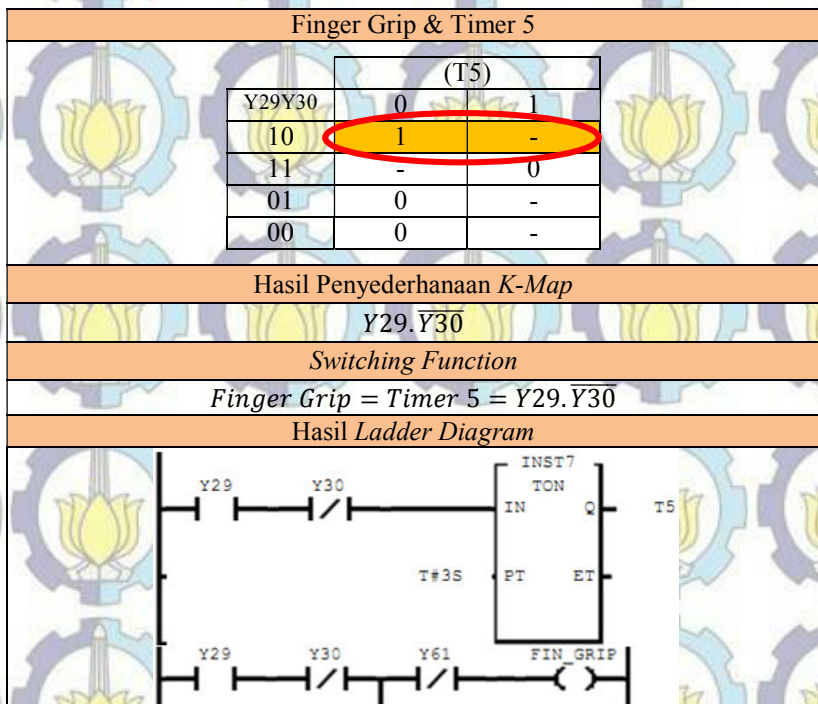
Sehingga

$$Y30 = (S2 + Y30) \cdot \overline{R2}$$

$$Y30 = (T5 + Y30) \cdot Y29$$

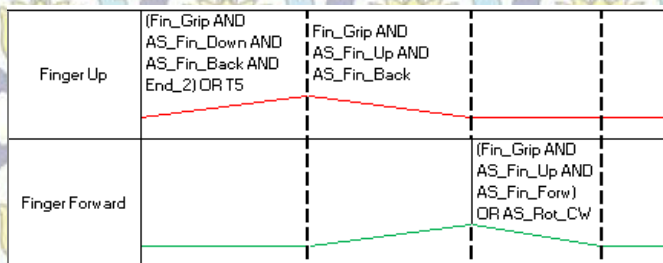
Hasil Ladder Diagram





3.3.4.3 *Bagian XVI*

Pada bagian XVI, silinder jari yang sedang menjepit benda kerja akan bergerak naik dan menuju kearah semula (*forward*) untuk menyimpan benda kerja.



Gambar 3.17 *Sequence Chart* Bagian XVI

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.17.

Tabel 3.50 *Primitive Flow Table* Bagian XVI

State	(A) (B)				Finger Up	Finger Forward
	00	01	11	10		
Finger Up ON, Finger Forward OFF	①	-	-	2	1	0
Finger Up OFF, Finger Forward ON	-	3	-	②	0	1
Finger Up OFF, Finger Forward OFF	1	③	-	-	0	0

Keterangan:

(A) = (Fin_Grip AND AS_Fin_Up AND AS_Fin_Back)

(B) = (Fin_Grip AND AS_Fin_Up AND AS_Fin_Forw OR AS_Rot_CW)

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XVI pada modul *Line Movement*.

Tabel 3.51 Penugasan *State* Bagian XVI

(A) (B)				Y31	Y32
00	01	11	10		
①	-	-	2	1	0
-	3	-	②	1	1
1	③	-	-	0	1
A1	-	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.52 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XVI

S1

R1

	(A) (B)			
Y31Y32	00	01	11	10
10	-	-	-	-
11	-	0	-	-
01	0	0	-	-
00	1	-	-	-

	(A) (B)			
Y31Y32	00	01	11	10
10	0	-	-	0
11	-	1	-	0
01	-	-	-	-
00	0	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

Y32

B

Switching Function

$$S1 = \overline{Y32} \cdot [(Fin_Grip \cdot AS_Fin_Down \cdot AS_Fin_Back \cdot End_2) + T5]$$

$$R1 = B = (Fin_Grip \cdot AS_Fin_Up \cdot AS_Fin_Forw) + AS_Rot_CW$$

Sehingga

$$Y31 = (S1 + Y31) \cdot \overline{R1}$$

$$Y31 = (\overline{Y32} \cdot [(Fin_Grip \cdot AS_Fin_Down \cdot AS_Fin_Back \cdot End_2) + T5] + Y31) \cdot (\overline{Fin_Grip} + \overline{AS_Fin_Up} + \overline{AS_Fin_Forw} \cdot AS_Rot_CW)$$

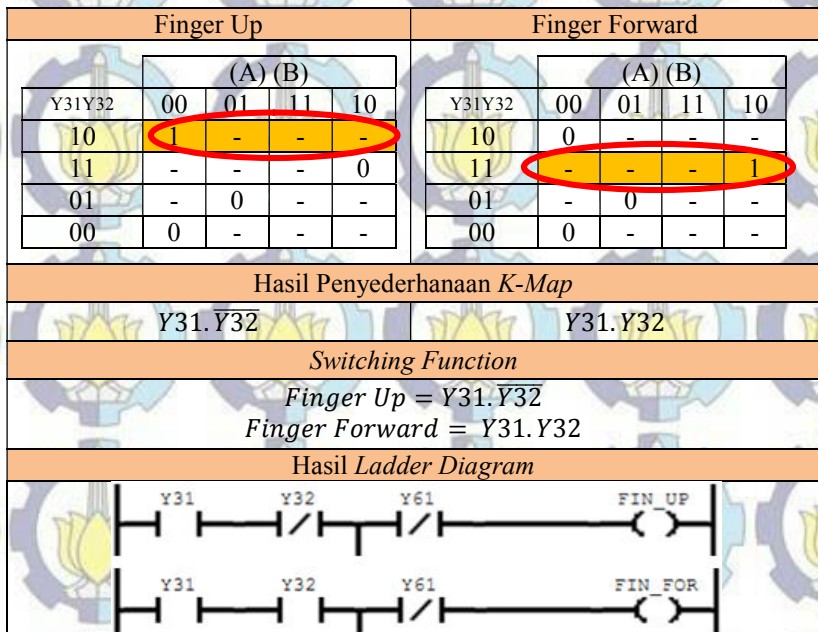
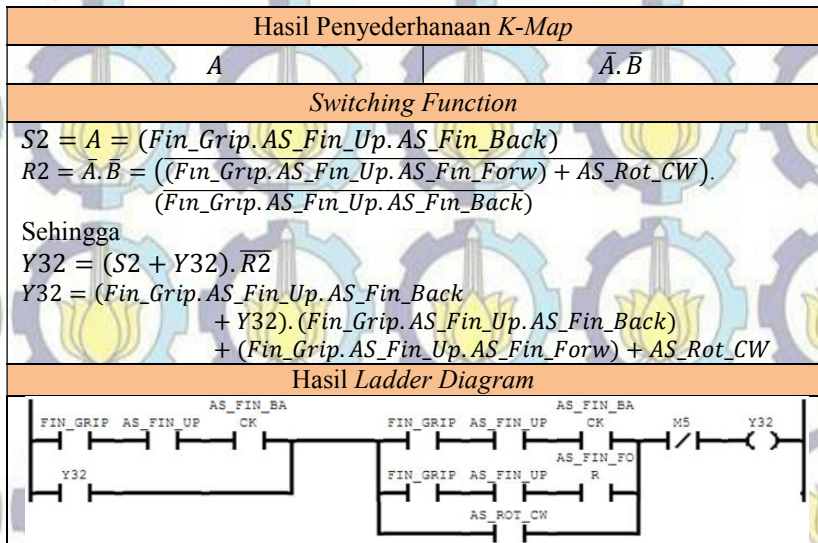
Hasil Ladder Diagram

S2

R2

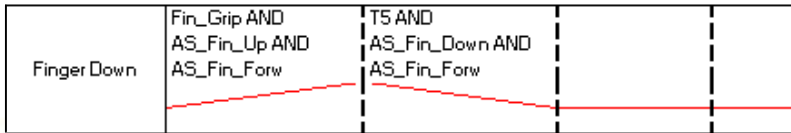
	(A) (B)			
Y31Y32	00	01	11	10
10	0	-	-	1
11	-	-	-	-
01	0	-	-	-
00	0	-	-	-

	(A) (B)			
Y31Y32	00	01	11	10
10	-	-	-	0
11	-	0	-	0
01	1	0	-	-
00	-	-	-	-



3.3.4.4 *Bagian XVII*

Pada bagian XVII, silinder jari yang sedang menjepit benda kerja akan bergerak turun dan melepaskan benda kerja. Kemudian silinder jari akan bergerak naik dan kembali ke keadaan awal (*standby*).



Gambar 3.18 *Sequence Chart* Bagian XVII

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.18.

Tabel 3.53 *Primitive Flow Table* Bagian XVII

State	(A)		Finger Down
	0	1	
Finger Down ON	①	2	1
Finger Down OFF	1	②	0

Keterangan: (A) = T5 AND AS_Fin_Down AND AS_Fin_Forw

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XVII pada modul *Line Movement*.

Tabel 3.54 Penugasan *State* Bagian XVII

(A)		Y33	Y34
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.55 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XVII

S1			R1		
(A)			(A)		
Y33Y34	0	1	Y33Y34	0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map					
$\overline{Y34}$			$Y34.\overline{A}$		
Switching Function					
$S1 = \overline{Y34}.\text{Fin_Grip}.\text{AS_Fin_Up}.\text{AS_Fin_Forw}$					
$R1 = Y34.\overline{A}$					
Sehingga					
$Y33 = (S1 + Y33).\overline{R1}$					
$Y33 = (\overline{Y34}.\text{Fin_Grip}.\text{AS_Fin_Up}.\text{AS_Fin_Forw} + Y33).(\overline{Y34} + (T5.\text{AS_Fin_Down}.\text{AS_Fin_Forw}))$					
Hasil Ladder Diagram					

S2			R2		
(A)			(A)		
Y33Y34	0	1	Y33Y34	0	1
10	0	1	10	-	0
11	-	-	11	0	0
01	0	-	01	1	-
00	0	-	00	-	-

| Hasil Penyederhanaan K-Map | | | | | |
| A | | | $\overline{Y33}$ | | |

Switching Function

$S2 = A = T5.AS_Fin_Down.AS_Fin_Forw$

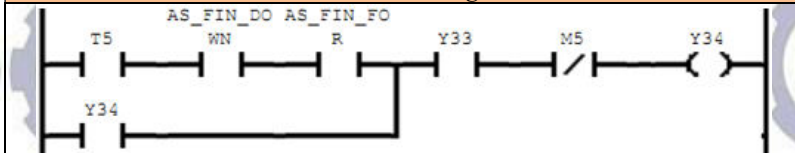
$R2 = \overline{Y33}$

Sehingga

$Y34 = (S2 + Y34). \overline{R2}$

$Y34 = (T5.AS_Fin_Down.AS_Fin_Forw + Y34). Y33$

Hasil Ladder Diagram



Finger Down

	(A)	
Y33Y34	0	1
10	1	-
11	-	0
01	0	-
00	0	-

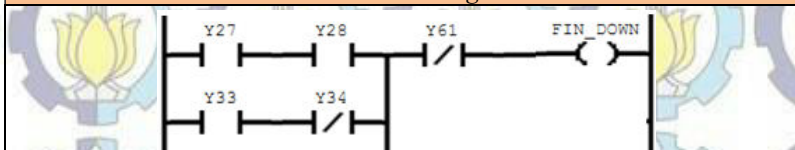
Hasil Penyederhanaan K-Map

$Y33.Y34$

Switching Function

$Finger\ Down = Y33.Y34$

Hasil Ladder Diagram



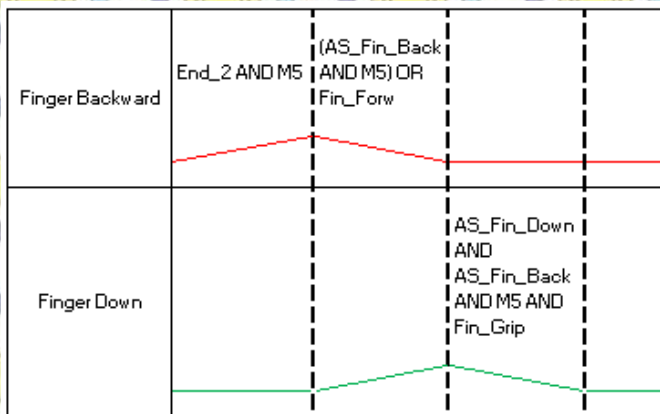
3.3.5 Perancangan Diagram Ladder pada Line Movement Module (Bagian 2)

Untuk benda kerja warna biru, akan dipindahkan ke tempat penampungan sementara dengan bantuan silinder jari (*finger cylinder*) dengan cara dijatuhkan di bagian tengah dari silinder jari. Untuk

memenuhi tahap akhir ini, maka modul *Line Movement* akan aktif dan memindahkan benda kerja. Pada modul ini, terdapat tiga bagian proses *Huffman*, dimulai dari bagian XVIII sampai bagian XX.

3.3.5.1 *Bagian XVIII*

Pada bagian XVIII, benda kerja yang telah sampai diujung konveyor 2 selanjutnya akan dipindahkan ke tempat penampungan dengan menggunakan bantuan silinder jari (*finger cylinder*). Silinder jari dari keadaan *standby (forward)* akan bergerak menuju benda kerja (*backward*) lalu turun untuk bersiap menjepit benda kerja.



Gambar 3.19 *Sequence Chart* Bagian XVIII

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.19.

Tabel 3.56 *Primitive Flow Table* Bagian XVIII

State	(A) (B)				Finger Backward	Finger Down
	00	01	11	10		
Finger Backward ON, Finger Down OFF	①	-	-	2	1	0
Finger Backward OFF, Finger Down ON	-	3	-	②	0	1
Finger Backward OFF, Finger Down OFF	1	③	-	-	0	0

Keterangan:

(A) = ([AS_Fin_Back AND M5] OR Fin_Forw)

(B) = (AS_Fin_Down AND AS_Fin_Back AND M5 AND Fin_Grip)

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XVIII pada modul *Line Movement*.

Tabel 3.57 Penugasan *State* Bagian XVIII

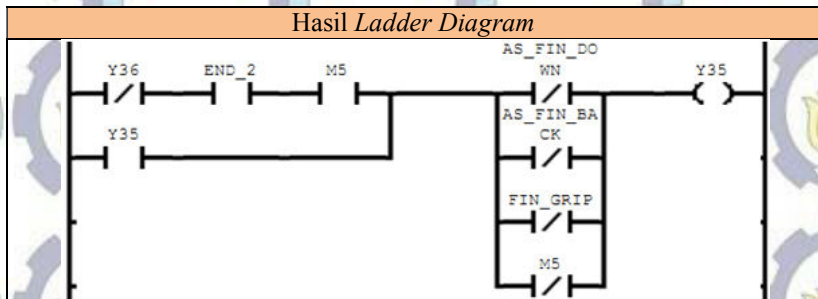
(A) (B)				Y35	Y36
00	01	11	10		
①	-	-	2	1	0
-	3	-	②	1	1
1	③	-	-	0	1
A1	-	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.58 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XVIII

S1					R1					
		(A) (B)						(A) (B)		
Y35Y36	00	01	11	10	Y35Y36	00	01	11	10	
10	-	-	-	-	10	0	-	-	0	
11	-	0	-	-	11	-	1	-	0	
01	0	0	-	-	01	-	-	-	-	
00	1	-	-	-	00	0	-	-	-	

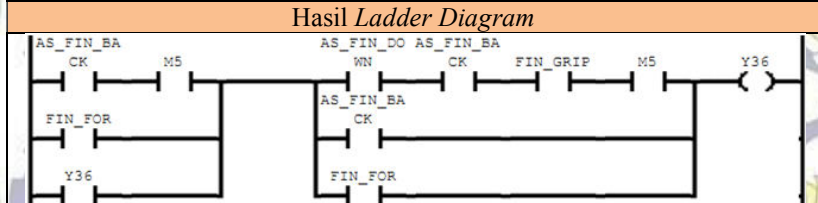
Hasil Penyederhanaan K-Map									
$\overline{Y36}$					B				
Switching Function									
$S1 = \overline{Y36} . \text{End_2.M5}$ $R1 = B = AS_Fin_Down . AS_Fin_Back . M5 . Fin_Grip$ Sehingga $Y35 = (S1 + Y35) . \overline{R1}$ $Y35 = (Y36 . \text{End_2.M5} + Y35) . (\overline{AS_Fin_Down} + \overline{AS_Fin_Back} + \overline{M5} + \overline{Fin_Grip})$									

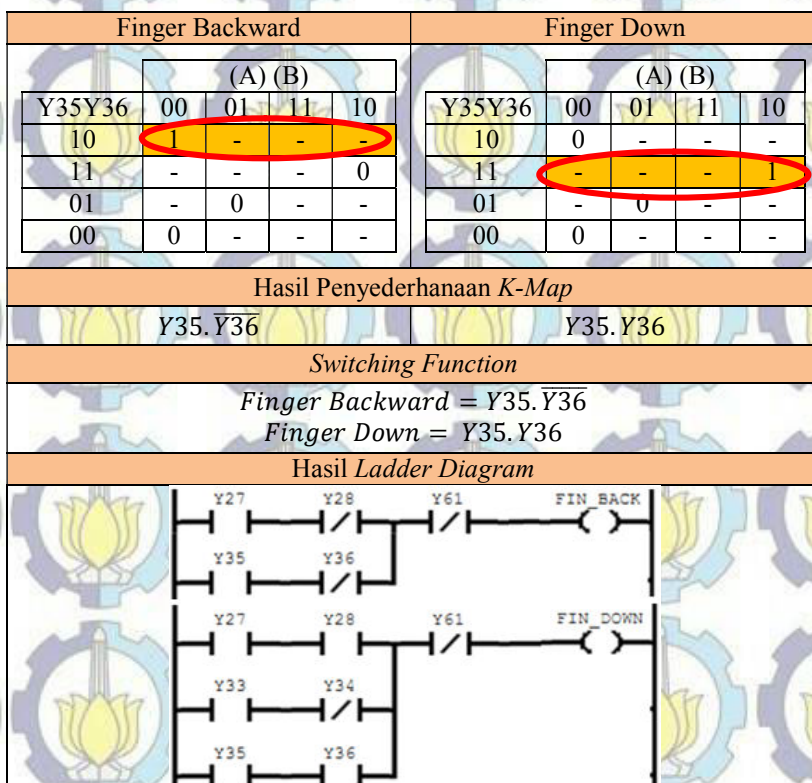


S2						R2					
		(A) (B)						(A) (B)			
Y35Y36	00	01	11	10		Y35Y36	00	01	11	10	
10	0	-	-	1		10	-	-	-	0	
11	-	-	-	-		11	-	0	-	0	
01	0	-	-	-		01	1	0	-	-	
00	0	-	-	-		00	-	-	-	-	

Hasil Penyederhanaan K-Map

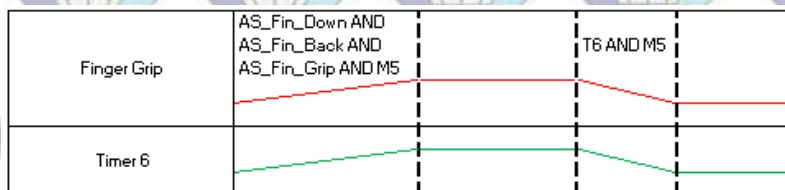
A	$\bar{A} \cdot \bar{B}$
Switching Function	
$S2 = A = ([AS_Fin_Back.M5] + Fin_Forw)$ $R2 = \bar{A} \cdot \bar{B}$ $= ([AS_Fin_Back.M5] + Fin_Forw) \cdot (AS_Fin_Down \cdot AS_Fin_Back.M5.Fin_Grip)$ Sehingga $Y36 = (S2 + Y36) \cdot \bar{R2}$ $Y36 = ([AS_Fin_Back.M5] + Fin_Forw + Y36) \cdot ([AS_Fin_Back.M5] + Fin_Forw + (AS_Fin_Down \cdot AS_Fin_Back.M5.Fin_Grip))$	





3.3.5.2 Bagian XIX

Pada bagian XIX, silinder jari akan menjepit benda kerja untuk selanjutnya dipindahkan ke tempat penyimpanan bagian tengah. Masa aktif darienggaman silinder jari dipengaruhi oleh timer 6.



Gambar 3.20 Sequence Chart Bagian XIX

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.20.

Tabel 3.59 *Primitive Flow Table* Bagian XIX

State	(T6 AND M5)		Finger Grip
	0	1	
Finger Grip ON, Timer 6 ON	①	2	1
Finger Grip OFF, Timer 6 OFF	1	②	0

d. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XIX pada modul *Line Movement*.

Tabel 3.60 Penugasan *State* Bagian XIX

(T6 AND M5)		Y37	Y38
0	1		
①	2	1	0
1	②	1	1
A1	-	0	1
A2	-	0	0

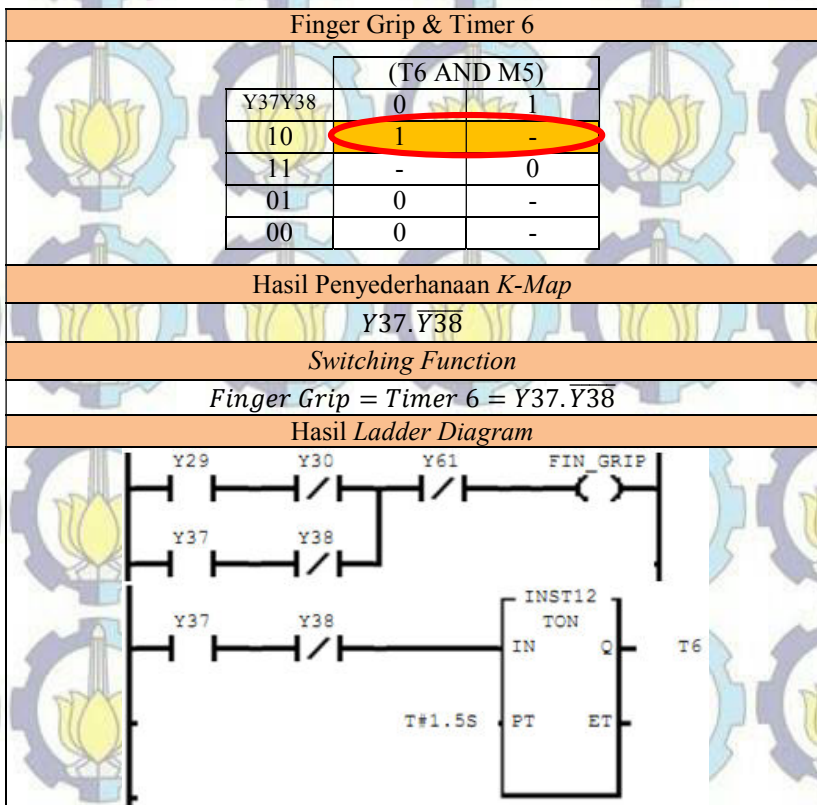
e. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.61 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XIX

S1			R1		
Y37Y38	(T6 AND M5)		Y37Y38	(T6 AND M5)	
	0	1		0	1
10	-	-	10	0	0
11	0	-	11	1	0
01	0	-	01	-	-
00	1	-	00	0	-

Hasil Penyederhanaan K-Map	
Y38	Y38. (T6.M5)
Switching Function	
$S1 = \overline{Y38}.AS_Fin_Down.AS_Fin_Back.AS_Fin_Grip.M5$ $R1 = Y38.(T6.M5)$ Sehingga $Y37 = (S1 + Y37).\overline{R1}$ $Y37 = (\overline{Y38}.AS_Fin_Down.AS_Fin_Back.AS_Fin_Grip.M5 + Y37).(\overline{Y38} + (T6.M5))$	
Hasil Ladder Diagram	

S2			R2		
	(T6 AND M5)			(T6 AND M5)	
Y37Y38	0	1	Y37Y38	0	1
10	0	1	10	-	0
11	-	-	11	0	0
01	0	-	01	1	-
00	0	-	00	-	-
Hasil Penyederhanaan K-Map			Hasil Penyederhanaan K-Map		
(T6.M5)			Y37		
Switching Function			Switching Function		
$S2 = (T6.M5)$ $R2 = Y37$ Sehingga $Y38 = (S2 + Y38).\overline{R2}$ $Y38 = ((T6.M5) + Y38).Y37$			$S2 = (T6.M5)$ $R2 = Y37$ Sehingga $Y38 = (S2 + Y38).\overline{R2}$ $Y38 = ((T6.M5) + Y38).Y37$		
Hasil Ladder Diagram			Hasil Ladder Diagram		



3.3.5.3 *Bagian XX*

Pada bagian XX, setelah melepaskan benda kerja warna biru, silinder jari akan bergerak maju kearah semula (*forward*) dan menuju kondisi *standby*.

Finger Up	(Fin_Grip AND AS_Fin_Down AND AS_Fin_Back AND End_2 AND M5) OR T6	Fin_Grip AND AS_Fin_Up AND AS_Fin_Back AND M5	
Finger Forward			(Fin_Grip AND AS_Fin_Up AND AS_Fin_Forw AND M5) OR AS_Rot_Cw

Gambar 3.21 *Sequence Chart* Bagian XX

a. Pembuatan *Primitive Flow Table*

Pada bagian ini akan dibuat *primitive flow table* dari *sequence* yang terdapat pada gambar 3.21.

Tabel 3.62 *Primitive Flow Table* Bagian XX

State	(A) (B)				Finger Up	Finger Forward
	00	01	11	10		
Finger Up ON, Finger Forward OFF	①	-	-	2	1	0
Finger Up OFF, Finger Forward ON	-	3	-	②	0	1
Finger Up OFF, Finger Forward OFF	1	③	-	-	0	0

Keterangan:

(A) = (Fin_Grip AND AS_Fin_Up AND AS_Fin_Back AND M5)

(B) = (Fin_Grip AND AS_Fin_Up AND AS_Fin_Forw AND M5 OR AS_Rot_Cw)

b. Penugasan *State*

Pada bagian ini akan dibuat penugasan *state* dari *Primitive Flow Table* bagian XX pada modul *Line Movement*.

Tabel 3.63 Penugasan *State* Bagian XX

(A) (B)				Y39	Y40
00	01	11	10		
①	-	-	2	1	0
-	3	-	②	1	1
1	③	-	-	0	1
A1	-	-	-	0	0

c. Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan *Ladder*

Tabel 3.64 Penurunan Fungsi Eksitasi, Fungsi *Output*, dan Pembuatan Diagram *Ladder* Bagian XX

S1					R1				
Y39Y40	(A) (B)				Y39Y40	(A) (B)			
	00	01	11	10		00	01	11	10
10	-	-	-	-	10	0	-	-	0
11	-	0	-	-	11	-	1	-	0
01	0	0	-	-	01	-	-	-	-
00	1	-	-	-	00	0	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

Y40	B
Switching Function	
$S1 = \overline{Y40} \cdot [(Fin_Grip \cdot AS_Fin_Down \cdot AS_Fin_Back \cdot End_2 \cdot M5) + T6]$ $R1 = B = (Fin_Grip \cdot AS_Fin_Up \cdot AS_Fin_Forw \cdot M5) + AS_Rot_CW$ <p>Sehingga</p> $Y39 = (S1 + Y39) \cdot \overline{R1}$ $Y39 = (Y40 \cdot [(Fin_Grip \cdot AS_Fin_Down \cdot AS_Fin_Back \cdot End_2 \cdot M5) + T6] + Y39) \cdot (\overline{Fin_Grip} + \overline{AS_Fin_Up} + \overline{AS_Fin_Forw} + \overline{M5}) \cdot \overline{AS_Rot_CW}$	
Hasil Ladder Diagram	

S2					R2				
		(A) (B)					(A) (B)		
Y39Y40	00	01	11	10	Y39Y40	00	01	11	10
10	0	-	-	1	10	-	-	-	0
11	-	-	-	-	11	-	0	-	0
01	0	-	-	-	01	1	0	-	-
00	0	-	-	-	00	-	-	-	-

Hasil Penyederhanaan K-Map

A	$\bar{A} \cdot \bar{B}$
---	-------------------------

Switching Function

$$S2 = A = (Fin_Grip \cdot AS_Fin_Up \cdot AS_Fin_Back \cdot M5)$$

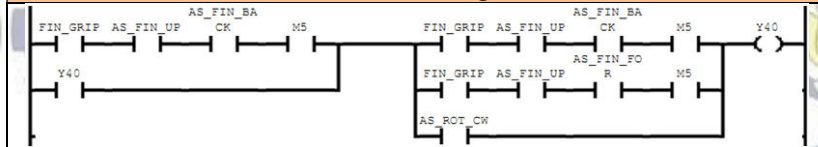
$$R2 = \bar{A} \cdot \bar{B} = ((Fin_Grip \cdot AS_Fin_Up \cdot AS_Fin_Forw \cdot M5) + AS_Rot_CW) \cdot (Fin_Grip \cdot AS_Fin_Up \cdot AS_Fin_Back \cdot M5)$$

Sehingga

$$Y40 = (S2 + Y40) \cdot \bar{R2}$$

$$Y40 = (Fin_Grip \cdot AS_Fin_Up \cdot AS_Fin_Back \cdot M5 + Y40) \cdot (Fin_Grip \cdot AS_Fin_Up \cdot AS_Fin_Back \cdot M5) + (Fin_Grip \cdot AS_Fin_Up \cdot AS_Fin_Forw \cdot M5) + AS_Rot_CW$$

Hasil Ladder Diagram



Finger Up					Finger Forward				
		(A) (B)					(A) (B)		
Y39Y40	00	01	11	10	Y39Y40	00	01	11	10
10	1	-	-	-	10	0	-	-	-
11	-	-	-	0	11	-	-	-	1
01	-	0	-	-	01	-	0	-	-
00	0	-	-	-	00	0	-	-	-

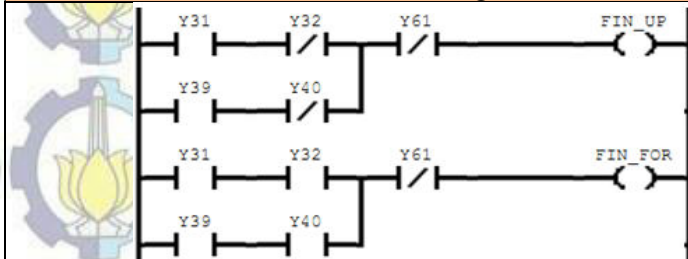
Hasil Penyederhanaan K-Map

Y39.Y40	Y39.Y40
---------	---------

Switching Function

Finger Up = $Y39.\overline{Y40}$
Finger Forward = $Y39.Y40$

Hasil Ladder Diagram



BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai implementasi dan penerapan dari *ladder diagram* yang telah dibuat sebelumnya pada bab 3. *Ladder diagram* yang telah dibuat selanjutnya akan dijalankan pada *factory automatic trainer* dengan cara di-download pada PLC LG Glofa GM4 dengan bantuan *software* GMWIN. Sebelum dijalankan, terlebih dahulu program *ladder* harus disimulasikan untuk mengantisipasi terjadinya kesalahan (*error*) yang dapat menyebabkan kerusakan pada alat.

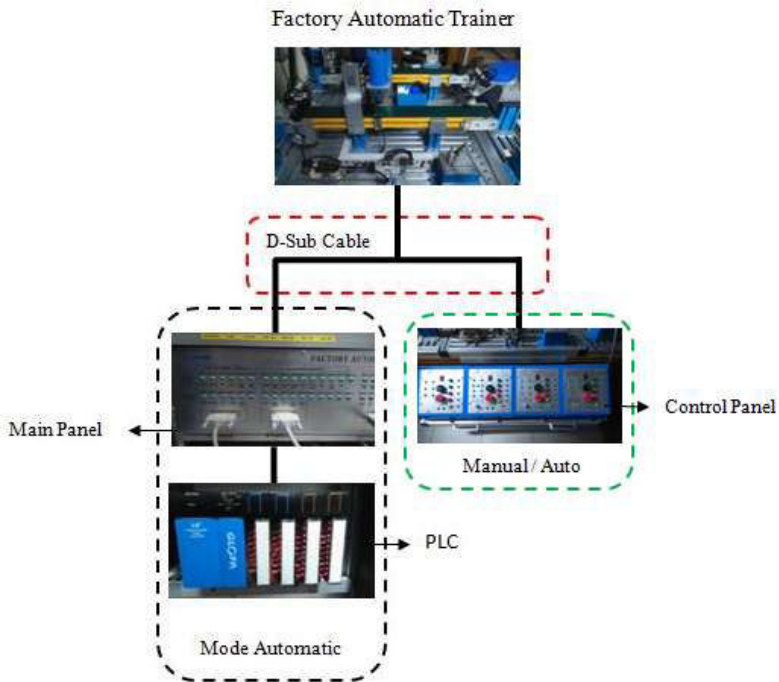
4.1 Implementasi

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai proses implementasi. Proses ini bertujuan untuk menjalankan sistem pada *factory automatic trainer* menggunakan diagram *ladder* hasil pengolahan dengan metode *Huffman* yang telah dibuat sebelumnya.

Untuk menjalankan sistem secara otomatis pada *factory automatic trainer* dengan menggunakan PLC, perlu dilakukan pengkabelan (*wiring*). Pengkabelan dibuat untuk menghubungkan *input/output* pada PLC dengan komponen yang terdapat pada *factory automatic trainer*.

4.1.1 Wiring (Pengkabelan)

Sistem pengkabelan pada *factory automatic trainer* pada dasarnya telah saling terhubung, baik dengan *control panel*, maupun *main panel*. Keseluruhan sistem tersebut dihubungkan oleh kabel *D-Sub Connector 25 pin* seperti pada gambar 4.1. Untuk keadaan otomatis, sistem pada *factory automatic trainer* juga telah terhubung dengan modul *input* dan *output* pada PLC LG Glofa GM4. Sebelum memulai pengendalian secara otomatis, *switch* pada setiap *control panel* harus diatur pada keadaan ‘Auto’.



Gambar 4.1 Pengkabelan Sistem *Factory Automatic Trainer*

4.1.2 Konfigurasi Sistem

Pada proses *download* program *ladder* ke PLC, diperlukan suatu konfigurasi yang digunakan sebagai perantara untuk komunikasi data antara PLC ke *personal computer* (PC). Komunikasi data dari PC dengan menggunakan *software* GMWIN ke PLC dilakukan dengan menggunakan kabel RS-232 sebagai modul komunikasi.



Gambar 4.2 Konfigurasi Sistem PC ke PLC

4.1.3 Pengalaman *Input-Output*

Untuk mendukung pembuatan diagram *ladder*, setiap *input* yang berupa sensor dan *output* yang berupa aktuator pada sistem *factory automatic trainer* telah memiliki pengalaman tersendiri. Alamat tersebut telah dibuat dan didesain sedemikian rupa oleh produsen dari *factory automatic trainer*. Daftar alamat *input* dan *output* secara jelas dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Pengalaman *Input* dan *Output* pada PLC

<i>Input</i>		<i>Output</i>	
Nama Sensor	Alamat	Nama Aktuator	Alamat
AS Finger Forward	%IX0.0.0	Finger Forward	%QX0.2.0
AS Finger Backward	%IX0.0.1	Finger Backward	%QX0.2.1
AS Finger Up	%IX0.0.2	Finger Up	%QX0.2.2
AS Finger Down	%IX0.0.3	Finger Down	%QX0.2.3
AS Finger Open	%IX0.0.4	Finger Grip	%QX0.2.4
AS Finger Grip	%IX0.0.5		%QX0.2.5
Magazine	%IX0.0.6	Insert	%QX0.2.6
Photo Sensor	%IX0.0.7	Insert Return	%QX0.2.7
Proximity Sensor	%IX0.0.8	Eject	%QX0.2.8
Capasitive Sensor	%IX0.0.9	Eject Return	%QX0.2.9
AS Insert	%IX0.0.10	Conveyor 1	%QX0.2.10
AS Insert Return	%IX0.0.11	-	%QX0.2.11
AS Eject	%IX0.0.12	-	%QX0.2.12
AS Eject Return	%IX0.0.13	-	%QX0.2.13
End 1	%IX0.0.14	-	%QX0.2.14
Start	%IX0.0.15	-	%QX0.2.15
AS Stopper Up	%IX0.1.0	Stopper Up	%QX0.3.0
AS Stopper Down	%IX0.1.1	Drill Up	%QX0.3.1
Optical Sensor	%IX0.1.2	Drill Down	%QX0.3.2
AS Drill Up	%IX0.1.3	Drill On	%QX0.3.3
AS Drill Down	%IX0.1.4	Conveyor 2	%QX0.3.4
End 2	%IX0.1.5	-	%QX0.3.5
AS Rotary CCW	%IX0.1.6	Rotary CCW	%QX0.3.6
AS Rotary CW	%IX0.1.7	Rotary CW	%QX0.3.7
AS Rotary Up	%IX0.1.8	Finger Up	%QX0.3.8

AS Rotary Down	%IX0.1.9	Finger Down	%QX0.3.9
Vacuum	%IX0.1.10	Vacuum	%QX0.3.10
Emergency	%IX0.1.11	Sign Red	%QX0.3.11
-	%IX0.1.12	Sign Yellow	%QX0.3.12
-	%IX0.1.13	Sign Green	%QX0.3.13
-	%IX0.1.14	-	%QX0.3.14
-	%IX0.1.15	-	%QX0.3.15

4.2 Pengujian Sistem

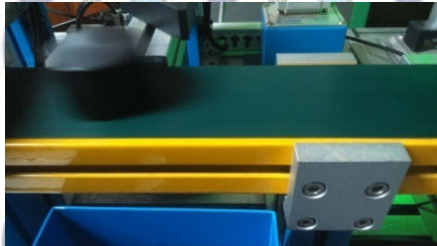
Setelah dilakukan pembuatan diagram *ladder* dengan metode *huffman*, maka selanjutnya dilakukan pengujian sistem pada *factory automatic trainer*. Pengujian dilakukan dengan cara mengunduh program dari PC ke PLC. Apabila tidak terjadi peringatan ‘*error*’, maka proses pengunduhan berhasil dilakukan dan sistem *factory automatic trainer* akan dijalankan sesuai dengan fungsinya secara normal. Banyaknya langkah pengujian disesuaikan seperti pembagian pembuatan diagram *ladder* dengan metode *Huffman* pada bab 3, yaitu sebanyak 20 bagian. Berikut ini adalah pembagian proses dari awal hingga akhir dari sistem *factory automatic trainer* beserta gambar:

- Bagian I



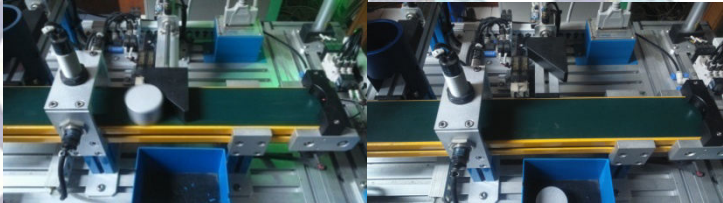
Gambar 4.3 Aktuator *Insert* dan *Insert Return* Aktif

- Bagian II



Gambar 4.4 *Conveyor 1 Aktif*

- Bagian III & IV



Gambar 4.5 *Aktuator Eject, Timer 1, dan Eject Return Aktif*

- Bagian V



Gambar 4.6 *Aktuator Rotary CW dan Rotary Down Aktif*

- Bagian VI & VII



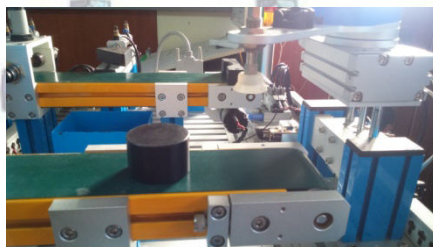
Gambar 4.7 Aktuator *Vacuum*, *Timer 2*, dan *Rotary Up* Aktif

- Bagian VIII



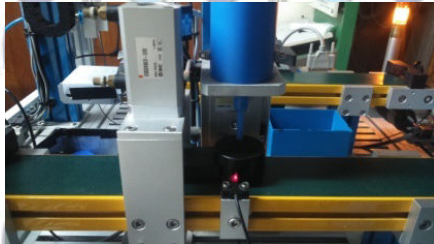
Gambar 4.8 Aktuator *Rotary CCW* dan *Rotary Down* Aktif, *Vacuum* Non-Aktif

- Bagian IX



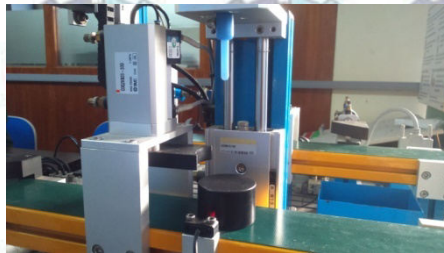
Gambar 4.9 *Conveyor 2* Aktif

- Bagian X & XI



Gambar 4.10 Aktuatur *Drill Down*, *Drill On*, dan *Timer 3* Aktif

- Bagian XII & XIII



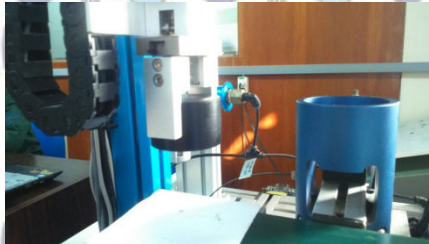
Gambar 4.11 Aktuatur *Drill Up*, *Stopper Up*, dan *Timer 4* Aktif

- Bagian XIV



Gambar 4.12 Aktuatur *Finger Backward* dan *Finger Down* Aktif (Bagian 1)

- Bagian XV & XVI



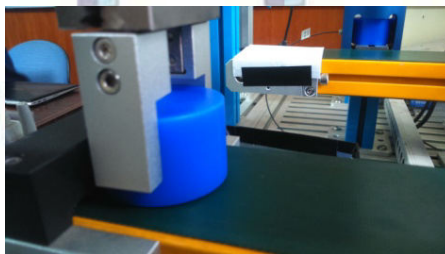
Gambar 4.13 Aktuator *Finger Grip* dan *Timer 5*, *Finger Up* dan *Finger Forward* Aktif (Bagian 1)

- Bagian XVII



Gambar 4.14 Aktuator *Finger Down* dan *Finger Up* Aktif (Bagian 1)

- Bagian XVIII



Gambar 4.15 Aktuator *Finger Backward* dan *Finger Down* Aktif (Bagian 2)

- Bagian XIX



Gambar 4.16 Aktuator *Finger Grip* Tidak Aktif dan *Timer 6*, *Finger Up* dan *Finger Forward* Aktif (Bagian 2)

- Bagian XX



Gambar 4.17 Aktuator *Finger Up* Aktif (Bagian 2)

4.3 Hasil Pengujian

Hasil yang didapatkan dari pengujian sistem pada *factory automatic trainer* berupa data waktu. Percobaan dilakukan sebanyak 10 kali untuk benda kerja yang dipilih, yaitu benda kerja warna hitam dan biru. Tabel hasil pengujian didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem *Factory Automatic Trainer*

Percobaan ke-	Benda Hitam	Benda Biru
	Waktu Proses (detik)	Waktu Proses (detik)
1	33,33	31,83
2	33,21	31,86
3	33,21	31,74

4	33,19	31,84
5	33,13	31,78
6	33,10	31,91
7	33,15	31,76
8	33,13	31,79
9	33,17	31,70
10	33,11	31,77

Dari tabel 4.2 diatas, dapat diketahui waktu rata-rata untuk proses benda kerja warna hitam yaitu 33,17 detik. Untuk benda kerja warna biru didapatkan waktu proses rata-rata yaitu 31,79 detik.

Pada dasarnya, jumlah *relay* yang dihasilkan dari penggunaan metode *Huffman* relatif sedikit (minimal). Namun, karena modul yang terdapat pada *factory automatic trainer* cukup banyak dan juga terdapat beberapa fungsi tambahan seperti *timer*, maka *relay* yang dihasilkan juga menjadi cukup banyak. Berikut adalah tabel yang menunjukkan jumlah *relay* yang digunakan:

Tabel 4.3 Penggunaan *Relay* pada Sistem *Factory Automatic Trainer*

Jenis Modul	Jumlah <i>Relay</i>
<i>Separation Module</i>	8 <i>Relay</i>
<i>Pick & Place Module</i>	8 <i>Relay</i>
<i>Stopper Module</i>	10 <i>Relay</i>
<i>Line Movement Module</i> (Bagian 1)	8 <i>Relay</i>
<i>Line Movement Module</i> (Bagian 2)	6 <i>Relay</i>

Dari tabel 4.3, maka didapatkan jumlah *relay* yang digunakan untuk keseluruhan sistem pada *factory automatic trainer* sebanyak 40 *relay*.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari hasil pengerjaan tugas akhir Konstruksi Diagram *Ladder* dengan Metode *Huffman* untuk *Factory Automatic Trainer*. Selain itu, juga dicantumkan saran yang ditujukan untuk penelitian berikutnya dengan tema yang serupa agar pengerjaan dan hasil yang didapatkan menjadi lebih baik.

5.1 Kesimpulan

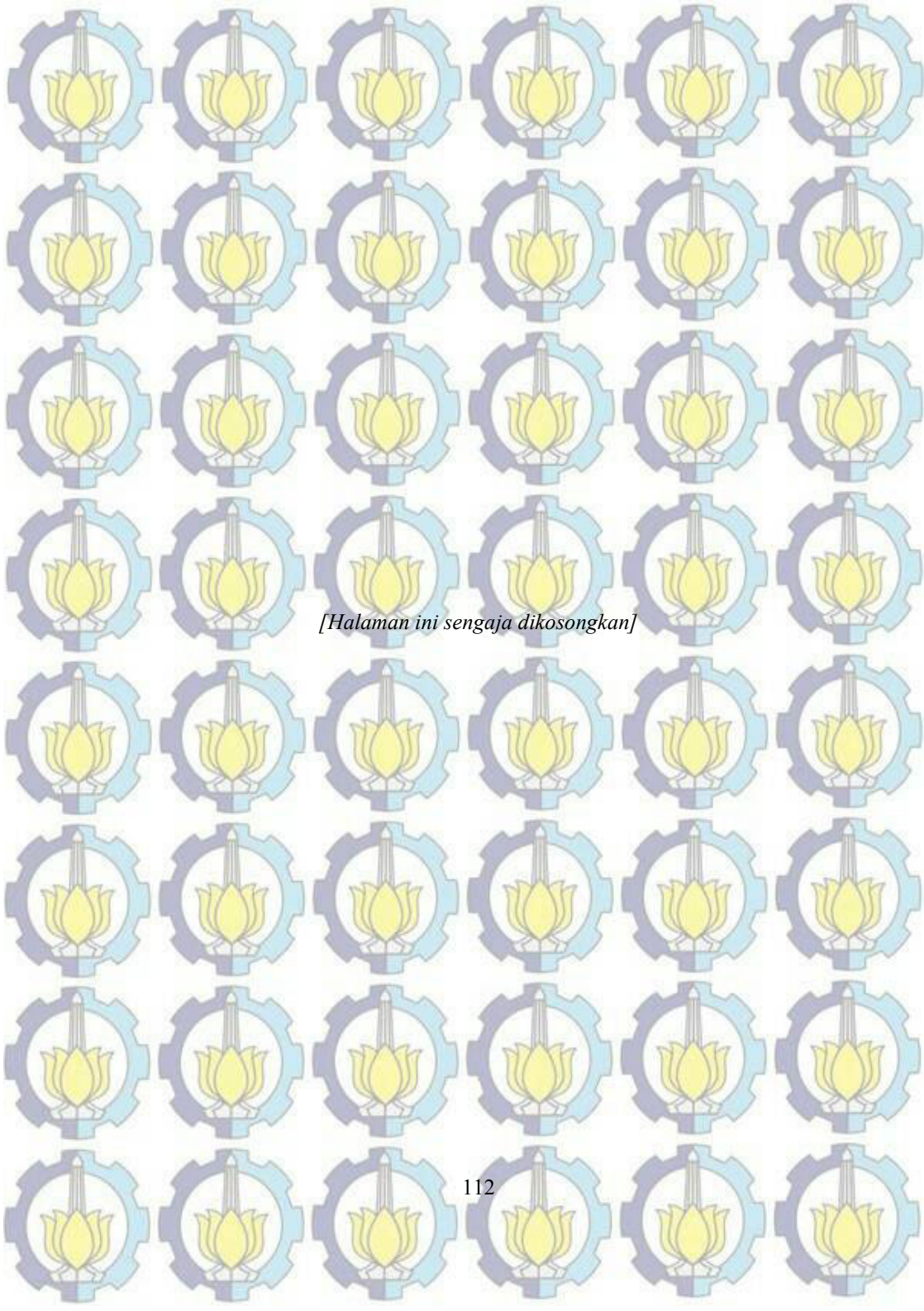
Pada tugas akhir konstruksi diagram *ladder* dengan metode *Huffman* untuk *factory automatic trainer* ini menghasilkan beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Berdasarkan pengujian sistem yang telah dilakukan, diperoleh waktu rata-rata untuk pemrosesan benda kerja warna hitam adalah 33,17 detik dan benda kerja warna biru adalah 31,79 detik.
2. Jumlah *relay* yang dihasilkan pada konstruksi diagram *ladder* dengan metode *Huffman* untuk *factory automatic trainer* sebanyak 40 *relay*.
3. Jumlah *Input*, *Output*, dan *Timer* yang digunakan pada konstruksi diagram *ladder* dengan metode *Huffman* untuk *factory automatic trainer* masing-masing sebanyak 28 *Input*, 20 *Output*, dan 6 *Timer*.
4. Data program *ladder* yang dihasilkan untuk keseluruhan sistem adalah sebesar 17,2 KB dan dengan jumlah *rung* sebanyak 74 *rung*.
5. Metode *Huffman* dapat menghasilkan jumlah penggunaan *relay* yang minimal pada suatu sistem otomasi. Namun untuk sistem berskala kecil, hal ini kurang terlihat.

5.2 Saran

Agar penelitian selanjutnya dengan tema yang serupa menjadi lebih baik maka diberikan beberapa saran, antara lain:

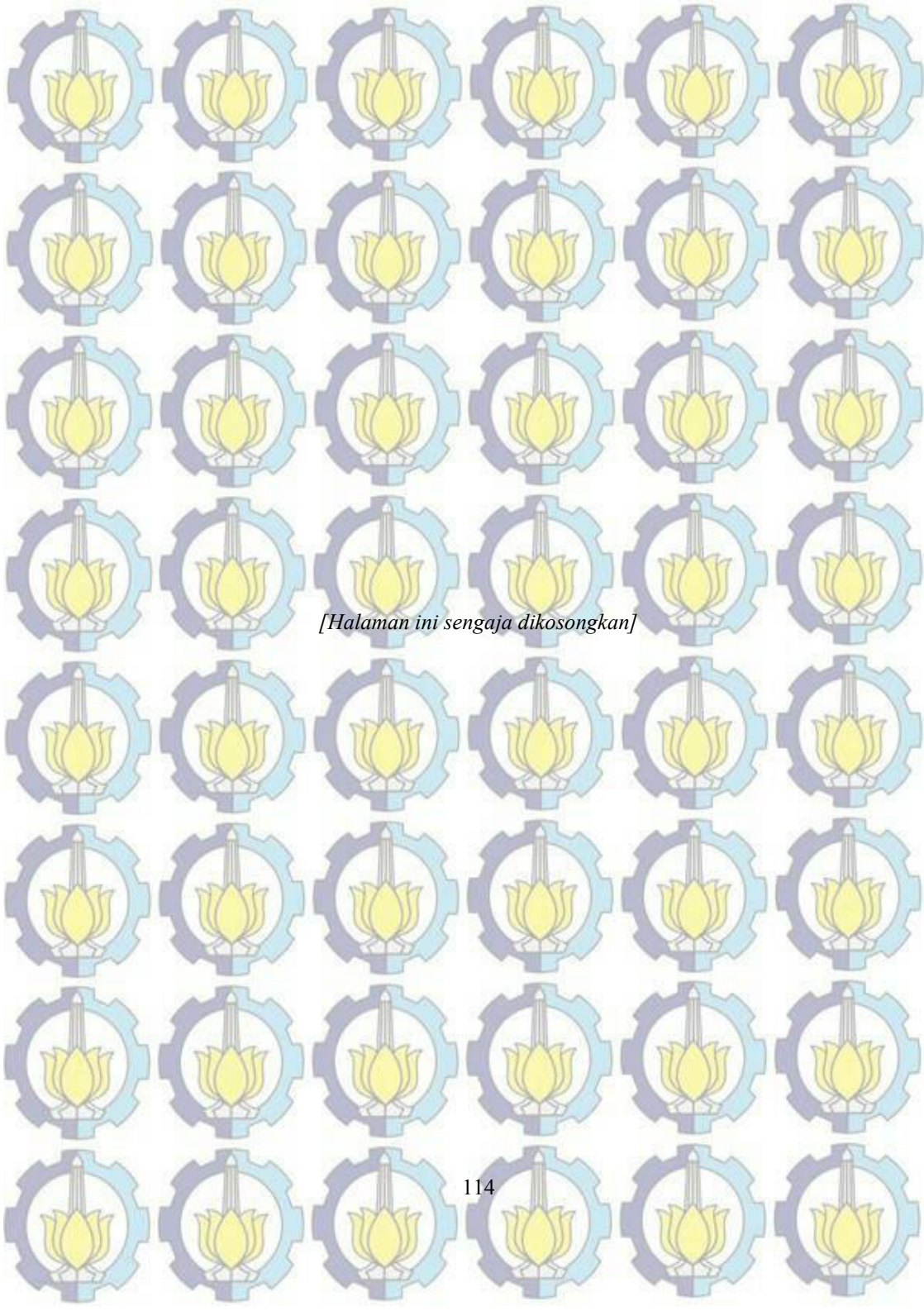
1. Apabila sistem sangat rumit, maka disarankan pembuatan diagram *ladder* dapat dibagi menjadi setiap tiga atau empat *output* agar dapat menghasilkan jumlah *relay* yang minimal.
2. Penambahan tampilan HMI agar proses yang sedang terjadi pada sistem terlihat lebih menarik dan mudah dipahami.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

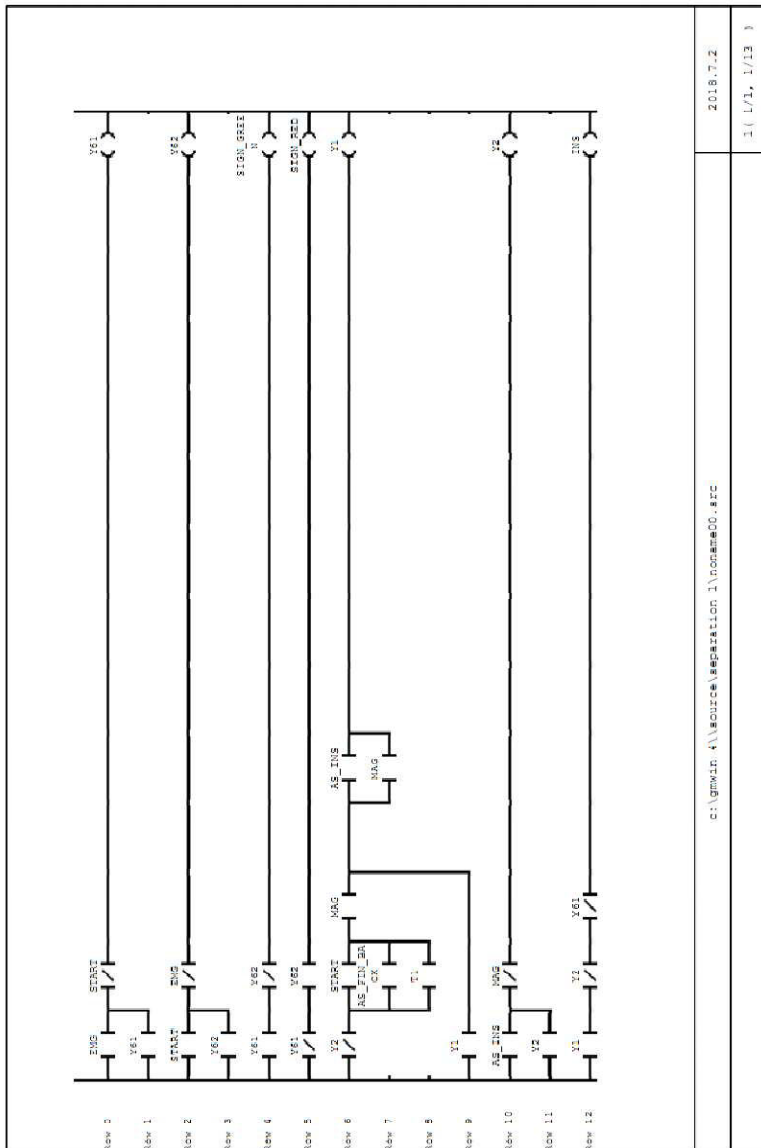
DAFTAR PUSTAKA

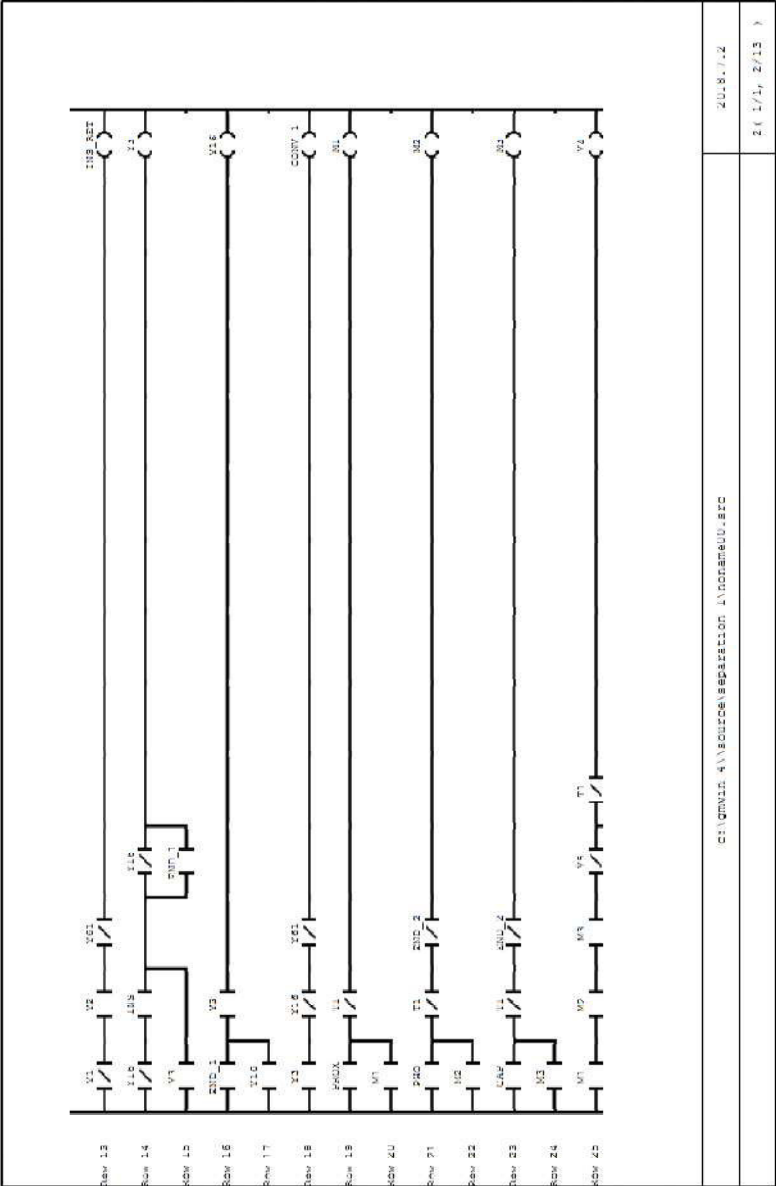
- [1] Wicaksono, Handy, "***Programmable Logic Controller, Teori, Pemrograman dan Aplikasi dalam Otomasi Sistem***", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2009.
- [2] CPE-AT8030N Factory Automatic Trainer User's Manual, Chungpa EMT Co., Ltd.
- [3] Proximity Sensor User's Manual, Autonics.
- [4] Photoelectric Sensor User's Manual, Autonics.
- [5] Fiber Optic Sensor User's Manual, Autonics.
- [6] Ramadhan, Wildan, "Konstruksi Diagram *Ladder* Menggunakan Metode *Huffman* Untuk Seleksi dan Perakitan *Part* Pada *Plant Dual Conveyor*", **Tugas Akhir Teknik Elektro**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017.
- [7] Sumbodo, Wirawan, dkk. "***Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 3***", Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta, 2008.
- [8] User Manual GLOFA-GM4 Programmable Logic Controllers, LS Industrial Systems.
- [9] W. Pessen, David, "***The Synthesis Of Sequential Switching Circuit***", Research Laboratory of Electronics, Cambridge. 1954.
- [10] W. Pessen, David, "***Industrial Automation : Circuit Design and Components***", John Wiley & Sons, 1989.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN DIAGRAM LADDER

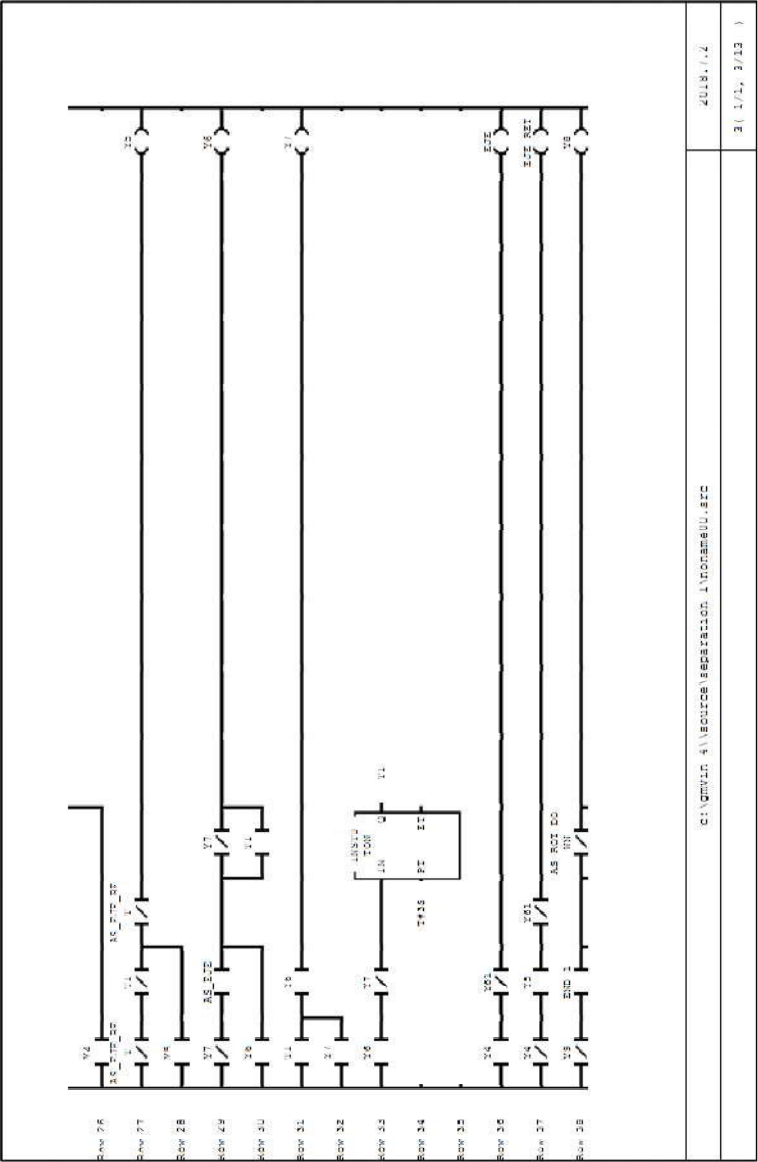


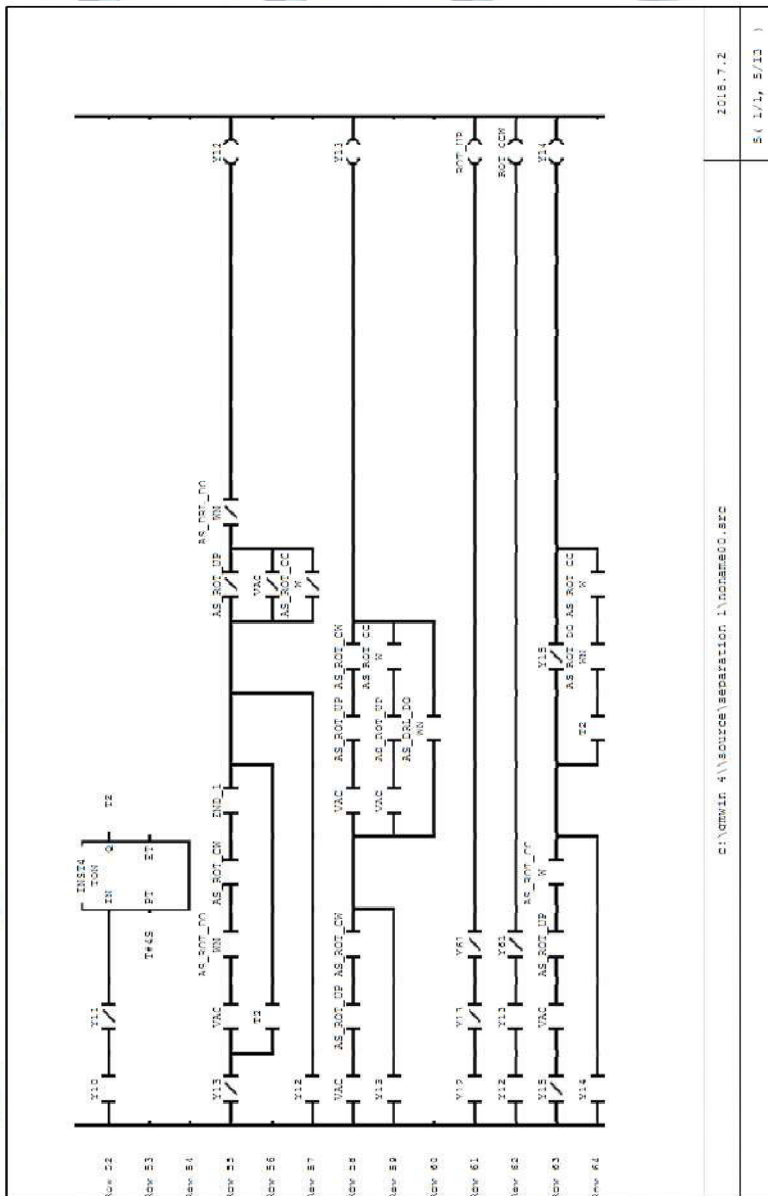


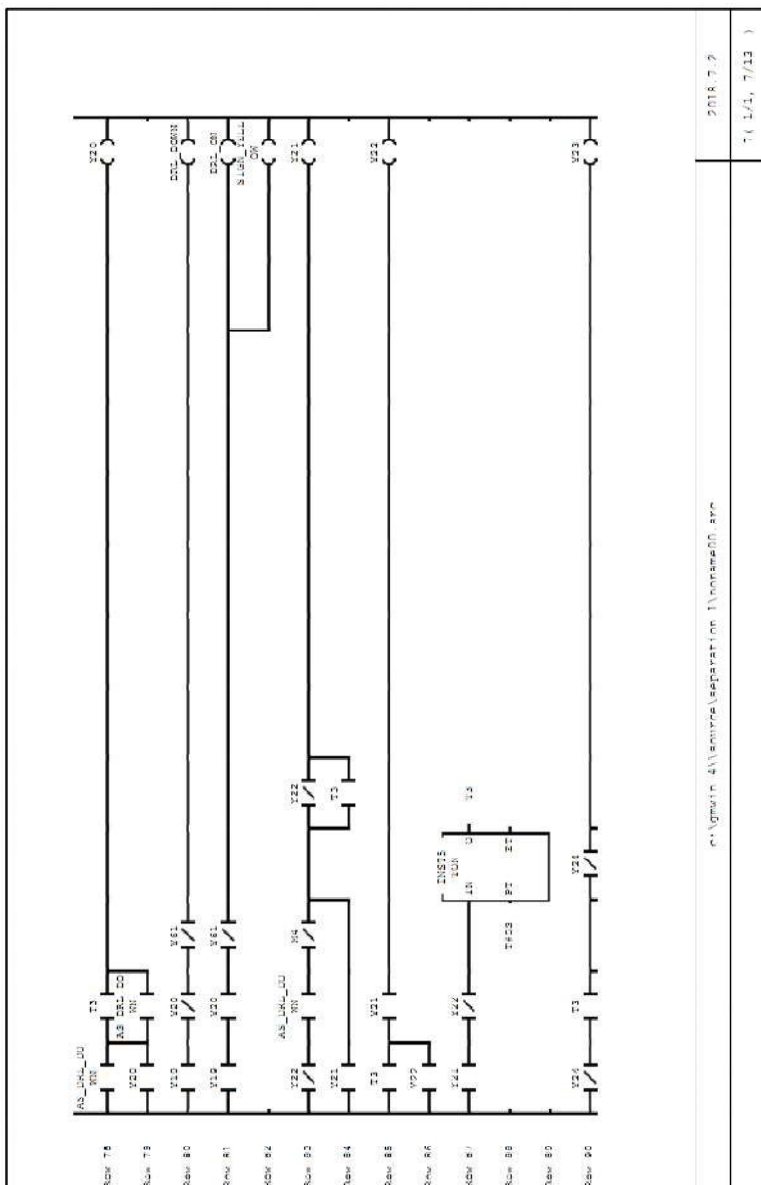
C:\GND\1.4\SOURCE\SEPARATION_A\INCORP\U01.BPC

2018.7.2

2 (1/1, 2/13)







e:\Agustin_4\temple\separation Unit\temple01.ava

2018.7.2

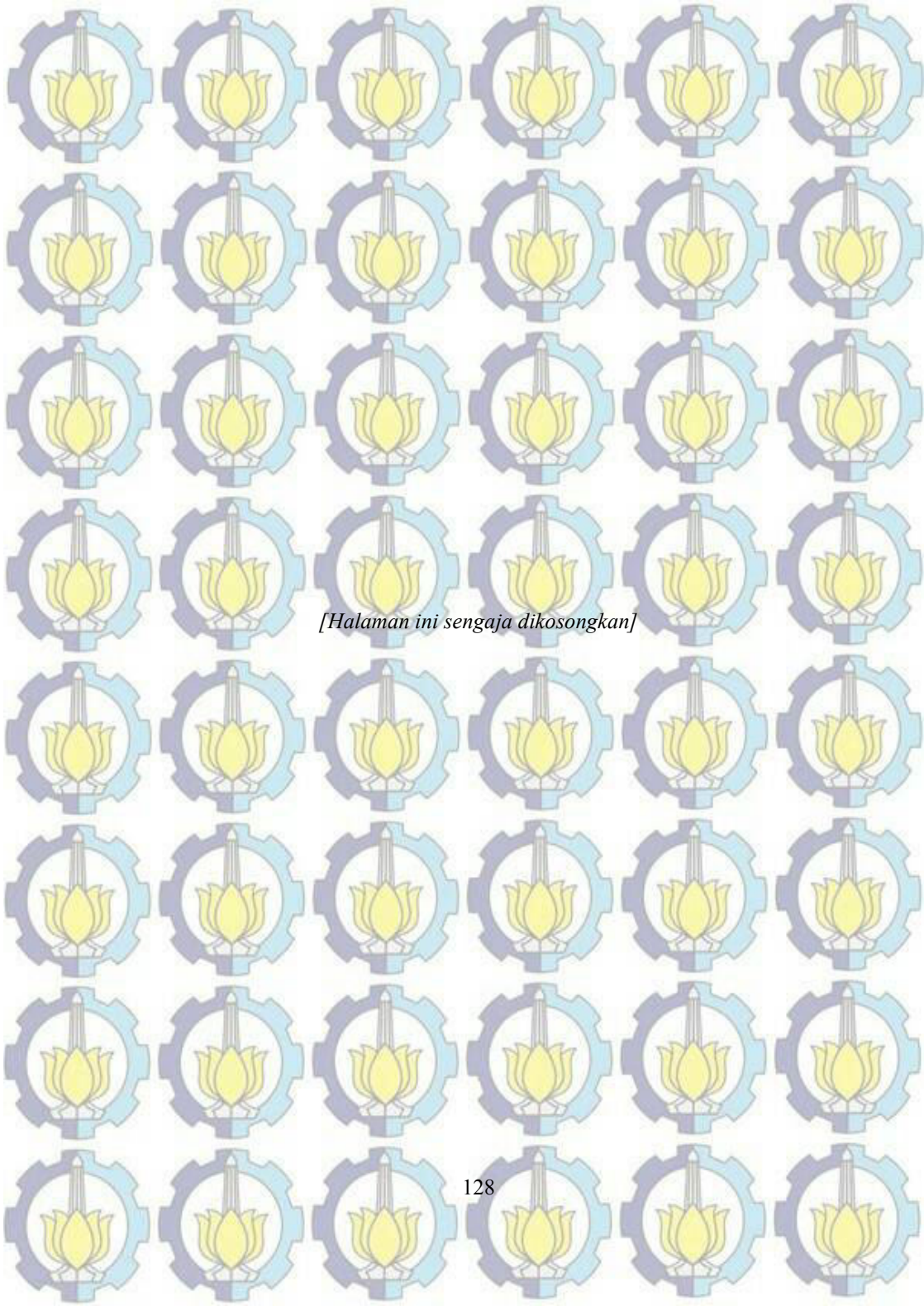
7 (1/1, 7/13)











[Halaman ini sengaja dikosongkan]

RIWAYAT HIDUP



Aji Prasetyo Witanto, lahir di Surabaya pada tanggal 09 Desember 1995. Putra pertama dari pasangan ayahanda Irwan Yudhianto dan ibunda (Almh.) Erry Witasari. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN Pucang Jajar Surabaya pada tahun 2001 - 2007, SMP Negeri 1 Bangkalan pada tahun 2007 - 2010 dan SMA Negeri 1 Bangkalan pada tahun 2010 - 2013, pendidikan Diploma 3 jurusan Teknik Elektro Komputer Kontrol di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2013 - 2016. Kemudian melanjutkan kuliah Lintas Jalur Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan.